

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут): Факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра: Автоматики і управління в технічних системах
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 126 Інформаційні системи і технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ на магістерську дисертацію студенту Огульчанський Федір Ярославович (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Система альтернативного енергопостачання житла

науковий керівник дисертації: к.т.н., доцент, Репнікова Н.Б ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: Система енергозабезпечення житла

4. Предмет дослідження (вихідні дані для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): Система альтернативного енергопостачання житла: Температура гарячої води в крані має можливість досягати значення в 60 °С, температура повітря в приміщенні має можливість досягати значення 21 °С, напруга в електромережі має бути 230 В $\pm 10\%$, частота має бути 50 $\pm 0,2$ Гц.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Аналіз існуючих рішень в області альтернативної енергетики; розроблення алгоритму роботи автоматизованої системи енергопостачання житла; дослідження ефективності автоматичної системи енергопостачання приватного житла на основі теплової машини Стірлінга на розробленій моделі; розроблення стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу: методика 1 дослідження альтернативного енергозабезпечення, програмна реалізація математичної моделі двигуна Стірлінга, програмна реалізація моделі системи альтернативного енергопостачання житла, схема електрична структурна системи забезпечення житла електроенергією, функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла, узагальнена функціональна схема роботи системи, схема алгоритму роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води, схема алгоритму роботи блоку опалення приміщення.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Розширення області використання двигунів Стірлінга для підтримання альтернативного енергопостачання житла»

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою «інтегровані інформаційні системи» підготовки рівня «магістр» на тему «Система альтернативного енергопостачання житла». 120 с., 39 рис., 36 таб., 9 додатків, 18 джерел.

Актуальність магістерської дисертації полягає в тому, що на сьогоднішній день існує тенденція залучати альтернативні технології енергопостачання в домашньому господарстві для економії енергоресурсів та економічної незалежності від центральних джерел енергопостачання. Двигун Стірлінга є ефективною технологією для перетворення теплової енергії з будь-якого джерела в механічну енергію.

Мета – знизити залежність домогосподарства від централізованих джерел енергопостачання.

Об’єкт дослідження: Система енергозабезпечення житла.

Предмет дослідження: Система альтернативного енергопостачання житла.

Методи дослідження: в роботі використовувалися рівняння математичної фізики опису роботи альтернативних джерел енергопостачання; комп’ютерне моделювання засобами Matlab.

Результати досліджень: розроблена методика комбінованого енергопостачання житла з використанням теплової машини системи Стірлінга та сонячного колектору.

Ключові слова: сонячний колектор, енергопостачання, двигун Стірлінга, побутове використання, відновлювана енергія.

ABSTRACT

Master's dissertation on the educational-professional level training program "Master" on the theme "Alternative home power supply system". 120 pgs., 39 fig., 36 tables, 9 applications, 18 sources.

The relevance of the master's dissertation: now there is a tendency to involve alternative energy supply technologies in the household to save finite energy resources and economic independence from the central power supply sources. The Stirling engine is an effective technology for converting thermal energy from any source to mechanical energy.

The goal is to reduce the dependence of the household from centralized sources of energy supply by rational use of each unit of solar energy, depending on the temperature of the air.

Object of research: Energy supply system of the house.

Subject of research: Stirling thermal engine control system.

Methods of research: in the work used mainly comparative, computer modelling and formalized research methods.

Results of the research: the method of combined energy supply of housing with the use of the thermal machine of the Stirling system and the solar collector was developed.

Keywords: solar collector, power supply, Stirling engine, household use, renewable energy.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	12
1.1 Огляд «зеленої енергетики» в приватних господарствах	12
1.2 Аналіз обґрунтування вибору компонентів	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛА	25
2.1 Аналітичний розрахунок основних параметрів двигуна Стірлінга	25
2.2 Проведення дослідження показників ефективності системи	31
2.3 Програмна реалізація моделі системи альтернативного енергопостачання житла.....	52
3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛА	58
3.1 Розроблення схеми електричної структурної системи альтернативного енергопостачання житла.....	58
3.2 Розроблення схеми електричної функціональної системи альтернативного енергопостачання житла.....	63
4 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛА	77
4.1 Розроблення алгоритму роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води	77
4.2 Розроблення алгоритму роботи блоку опалення приміщення	79

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	81
5.1 Опис ідеї стартап-проекту	81
5.2 Технологічний аудит проекту	89
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту	92
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	104
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	109
ВИСНОВОК.....	116
ЛІТЕРАТУРА.....	118
Додаток Публікація	
Додаток А	
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	
Додаток Ґ	
Додаток Е	
Додаток Є	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДС – Двигун Стірлінга

ЗТ – «Зелений тариф»

ІС – Інформаційна система

ККД – Коефіцієнт корисної дії

ОК – Об’єкт керування

СК – Сонячний колектор

СУ – Система управління

ТАУ – Теорія автоматичного управління

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ВСТУП

В сучасному світі існує нагальна проблема економії природних ресурсів та підтримання технологій, що не забруднюють навколишнє середовище. Альтернативна енергетика – це сукупність способів отримання електроенергії з альтернативних джерел, зазвичай з тих, що містять відновлювану енергію.

Стрімкий розвиток суспільства, науки та техніки, який спостерігається протягом останніх десятиліть, зумовив небачений до цього часу попит на енергоресурси. Забезпеченість країни енергоносіями є запорукою розвитку не лише економіки, а й усіх суспільних сфер життєдіяльності. На даному етапі розвитку енергетики все більш значуще місце посідає відновлювана енергетика, яка в подальшому взагалі може витіснити традиційну енергетику.

До найбільш поширених джерел альтернативної енергетики, як правило, відносять: енергію сонця та вітру; геотермальну енергію; енергію хвиль та припливів; гідроенергію; енергію біогазу; енергію, отримувану з відходів (у т. ч. каналізаційних); вторинні енергоресурси; попутні газові ресурси видобутку вугілля та нафти. Своєрідним напрямом «зеленої» енергетики є всебічний розвиток енергозбереження [1].

Різні види відновлюваних джерел енергії можуть використовуватися для генерації різних видів енергії. Так, гідроенергія та енергія вітру використовуються винятково для генерації електричної енергії. Сонячна та геотермальна енергія – для виробництва як електричної, так і теплової енергії. Продукція біоенергетики, крім застосування у процесах генерації теплової та електричної енергії, може використовуватися у транспортному секторі як моторне паливо або біокомпонент для інших видів палива.

Актуальність теми:

Актуальність розвитку «зеленої» енергетики у світі й Україні зумовлена не тільки вичерпністю й дефіцитом ресурсів традиційної енергетики, а й необхідністю зменшення екологічного навантаження на природні системи.

В даній магістерській дисертації для досягнення мети використовується двигун Стірлінга.

На даний момент, двигун Стірлінга має низьке поширення в альтернативній енергетиці, проте існують сучасні дослідження, які розвивають сферу використання цієї технології. Крім того існує низка наукових та комерційних проектів, які прагнуть до розширення галузі з використанням нестандартних засобів, які могли б мати підвищену ефективність у вузькому колі умов. До альтернативних технологій перетворення теплової енергії в електричну і можна віднести технології використання двигуна Стірлінга в комбінації з концентратором енергії сонячного випромінювання та генератора змінного струму. За останніми трендами можливість управління в цифрових технічних системах є дуже бажаним, тому для системи, динамічна характеристика якої залежить від двигуна Стірлінга, створення суб'єкту керування є актуальною задачею [2].

Термодинамічний цикл Стірлінга, за яким працює однойменний двигун має особливий потенціал в умовах, де є великий перепад температур та потрібний недорогий двигун з малою кількістю компонентів, який має високу зносостійкість та екологічну чистоту. Системи, що мають за основу двигун Стірлінга найкраще позиціонують себе в регіонах планети, поверхня яких отримує за рік велику кількість сонячного випромінювання. Крім того, загальна невибагливість таких систем встановлює конкурентоздатність рішення.

Враховуючи можливість використанням двигуном великої кількості видів палива, двигун Стірлінга може замінити дизельний двигун для домашніх господарств та тих населених пунктів, які мають обмеженість в поставці дизельного палива (наприклад, арктичні станції). Крім того, даний двигун розробляється в якості генератора електричного струму для космічних апаратів та підводних човнів [3].

Мета і задачі дослідження:

Метою магістерської дисертації є зменшення залежності домогосподарства від централізованих джерел енергопостачання.

Для вирішення поставленої мети були поставлені такі задачі:

- дослідження існуючих рішень в області альтернативної енергетики;
- огляд предметної області серед сучасних систем опалення приватних будинків та забезпечення їх електроенергією з обмеженим підключенням до централізованих систем;
- розроблення динамічної моделі автоматизованої системи на базі двигуна Стірлінга;
- дослідження ефективності автоматичної системи енергопостачання житла на основі теплової машини Стірлінга;
- розроблення стартап-проекту.

Об'єкт дослідження: Система енергозабезпечення житла.

Предмет дослідження: Система керування теплової машини Стірлінга.

Методи дослідження: в роботі використовувалися рівняння математичної фізики опису роботи альтернативних джерел енергопостачання; комп'ютерне моделювання засобами Matlab.

Апробація результатів роботи:

Результати проведених у магістерській дисертації досліджень були оприлюднені на науково-професійній конференції «Summer InfoCom Advanced Solutions 2018» за темою «Розширення області використання двигунів Стірлінга для підтримання альтернативного енергопостачання житла», дата проведення конференції 20-21 травня 2018 року.

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд «зеленої енергетики» в приватних господарствах

«Зелена енергетика» може використовуватися в багатьох галузях господарства при досягненні певних умов. Для використання одних джерел енергії, ці умови є більш досяжними, ніж для використання інших. Енергії Сонця, вітру є найпоширенішими через доступність в більшості точок Землі. На рисунку 1.1 розглянута стандартна модель системи енергопостачання для приватного житла з використанням автономної сонячної електростанції ^[4].

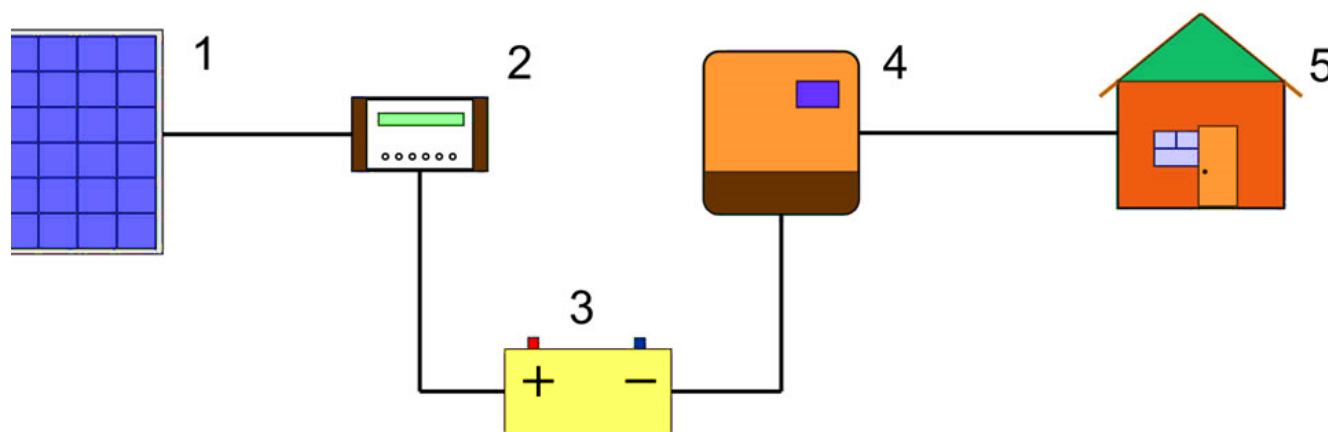


Рисунок 1.1 – Схема автономної сонячної електростанції

Автономна сонячна електростанція – основне або додаткове джерело електроенергії. Основними елементами сонячної електростанції є: фотопанелі (1), контролер заряду (2), акумуляторні батареї (3) і інвертор (4).

Сонячне випромінювання непостійне в часі, тому вироблення фотопанелей (1) не завжди відповідає споживанню енергії. Для накопичення надлишкової електроенергії та використанні її у випадках коли споживання перевищує вироблення використовують акумуляторні батареї (3).

Підключення фотопанелей (1) безпосередньо до акумуляторних батарей (3) для їх заряду неприпустимо, оскільки це може призвести до їх пошкодження, які потягнуть за собою вихід з ладу. Саме для захисту акумуляторних батарей від перезарядження і для підтримки оптимальної роботи АКБ (3) використовують контролер заряду (2).

Оскільки більшість споживачів електроенергії використовують змінний струм, а фотопанелі (1) та акумуляторні батареї (3) видають постійний, виникає необхідність у перетворенні струму з постійного у змінний. Цю функцію виконує інвертор (4).

У разі необхідності підключення навантаження постійного струму – її можна безпосередньо підключити до вихідних клем контролера заряду (2).

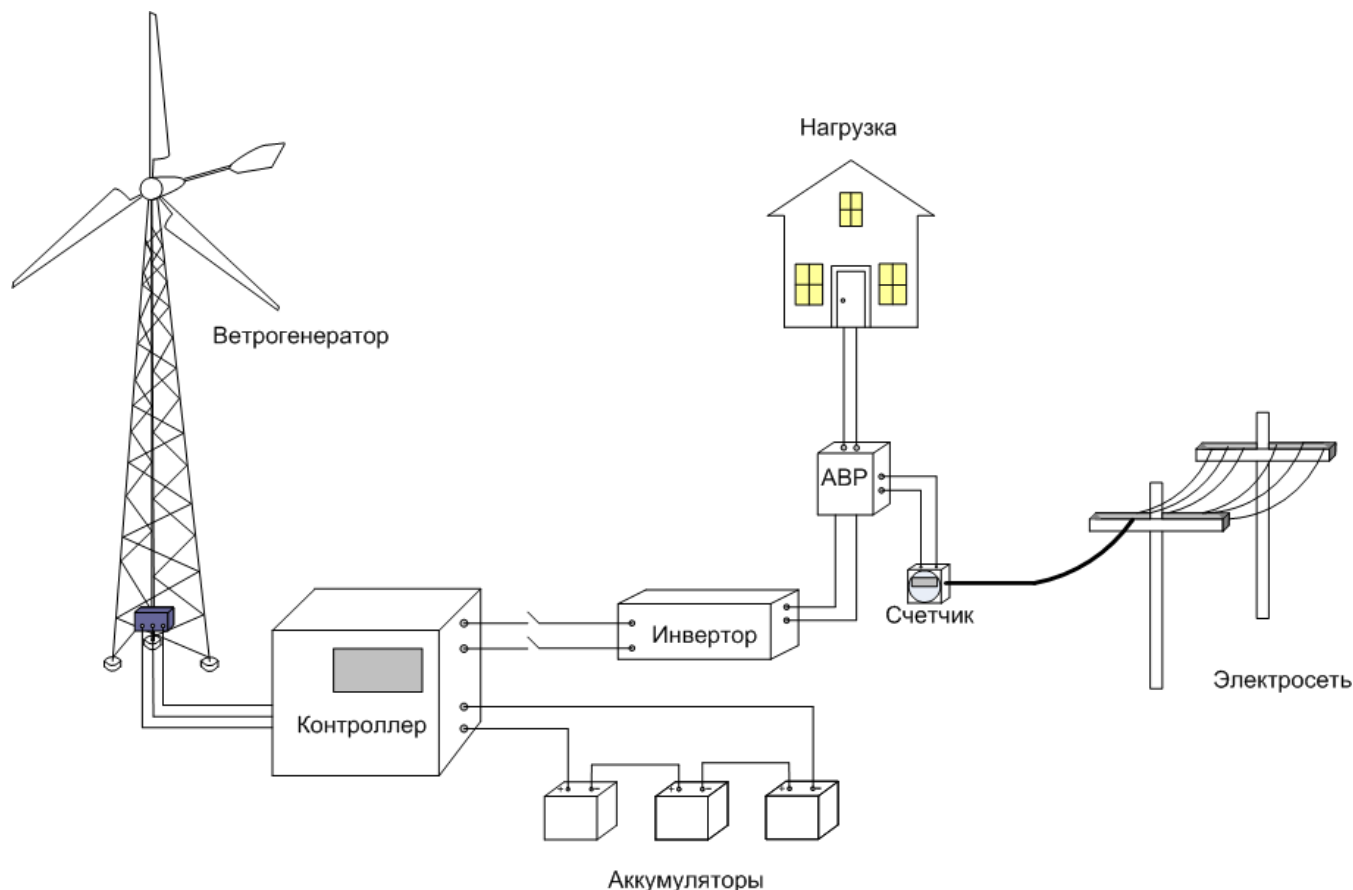


Рисунок 1.2 – Схема вітрової електростанції з підключенням до мережі

Автономна вітрова електростанція (Рисунок 1.2) – це оптимальне рішення для енергопостачання віддалених об'єктів від традиційної мережі^[5]. За умови повної відсутності електромережі вітер є найбільш виправданим джерелом альтернативної

енергії для енергопостачання приватного житла, баз відпочинку, пансіонатів в гірській і степовій місцевості.

Вітрова електростанція з накопиченням електроенергії в акумуляторах може працювати і паралельно з мережею. Паралельна робота здійснюється за допомогою пристрою АВР (автоматичне введення резерву). АВР дозволяє перемкнути живлення об'єкту за відсутності вітру і повному розряді акумуляторів на електромережу або навпаки, перемикає навантаження на акумуляторні батареї при втраті живлення електромережі. Пріоритет може встановлюватися в ручну залежно від специфіки об'єкта.

Таке рішення знаходить широке застосування на об'єктах, в яких часто трапляються відключення від централізованої електромережі або якщо якість цієї мережі не задовольняє споживачів. Система так само може бути встановлена для збільшення встановленої потужності і для економії електроенергії.

Такі системи мають велику кількість переваг, проте ціллю дисертації є створення комбінованої системи, яка перетворює надлишкову теплову енергію в електроенергію. Комбінована система, яка пропонується у даній магістерській дисертації складається з сонячного колектора, двигуна Стірлінга. Розглянемо кожен з компонентів комбінованої системи окремо.

1.2 Аналіз обґрунтування вибору компонентів

I. Сонячний колектор:

Сонячний колектор – це пристрій, що трансформує сонячну енергію в теплову і передає тепло до баку непрямого нагріву (акумулятора теплової енергії). Колектор активно застосовується в так званих системах сонячного нагріву.

Сонячні колектори застосовують для опалення промислових і побутових приміщень, гарячого водопостачання виробничих процесів, побутових потреб.

Колектори розділяють на два типи:

- плоскі;
- вакуумні.

Дані системи, перш за все, застосовуються для нагріву води в період найбільш високої сонячної активності – влітку. Використовуючи колектори, вдається значно скоротити витрати електроенергії, яка витрачається для нагріву води^[6].

Принцип роботи плоских сонячних колекторів:

1. Сонячне світло попадає на матове скло та поглинається пластиною.
2. Пластина нагрівається, передаючи енергію тепла теплоносію, яким є вода або ж антифриз.
3. Теплоносій, в свою чергу передає енергію воді в бойлері, яка зберігається там до моменту використання.

Принцип роботи вакуумних колекторів:

1. Сонячна енергія, проходячи крізь вакуумну трубку, поглинається, тим самим перетворюючись на теплову енергію.
2. Далі тепло передається робочою рідиною (теплообмінником) по замкнутому контуру.
3. Нагріта вода надходить в бак накопичувач (акумулятор теплової енергії) по одній з двох труб. Охолоджена вода повертається в колектор для нагріву.

Енергія сонячного випромінювання в помірних широтах становить від 900 до 1100 кВт·год/(м²·рік)^[7]. Найбільшою перепоною для сонячних променів є хмари, тоді потужність випромінювання становить лише 100 Вт/м². В середньорічному розрахунку кількість сонячних годин оцінюється в 1600. Наближене значення ефективності середнього сонячного колектора в залежності від пори року продемонстровано на рисунку 1.3.

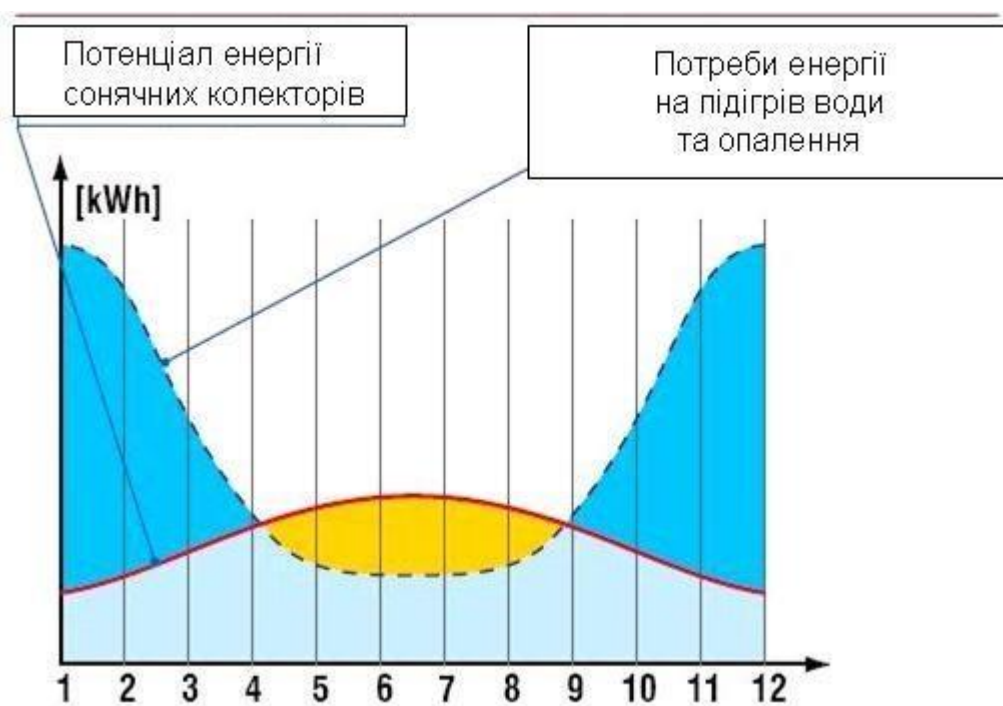


Рисунок 1.3 – Наближене значення ефективності середнього сонячного колектора в залежності від пори року

Ефективність сонячних колекторів залежить від конструкції і ККД може досягати 85%-95%. Для забезпечення гарячою водою сім'ї з чотирьох осіб необхідно, приблизно, 3000 кВт·год теплової енергії протягом року. Сонячні колектори з площею в 6 м² повинні виконати таку задачу, в ідеалі. Але практика вказує на те, що треба звернути увагу, що колектори працюють не постійно і мають мінливу потужність, особливо в зимові дні.

В системах, що складаються з декількох панелей колекторів, використовують баки-акумулятори об'ємом в 200-300 літрів. Акумулятори теплової енергії не можуть тримати максимально нагріту воду кілька днів завдяки втратам через неідеальну теплоізоляцію^[8]. Тому ефективність системи сонячних колекторів прив'язана до сталого використання гарячої води. Влітку потрібно постійно використовувати гарячу воду з бака, щоб система не перегрівалася і щоб максимально використати енергію Сонця, котра перетворилася в тепло.

При використанні колекторів для обігріву житла, необхідно виконувати певні вимоги:

- будинок повинен мати дуже низькі тепловтрати;
- система обігріву повинна бути низькотемпературною, використовувати технологію «теплої підлоги»;
- у зв'язку з тим, що кількість колекторів буде великою, необхідно передбачити можливість використання надлишку тепла влітку, наприклад, для обігріву басейну.

II. Двигун Стірлінга:

Термодинамічний цикл був запропонований в 1816 році шотландцем Робертом Стірлінгом. Наявність двох ізотерм визначає рівність термодинамічної ефективності ідеального циклу Стірлінга і циклу Карно. Тому, теоретично, двигуни, що працюють по циклу Стірлінга, потенційно найбільш високоефективні машини з усіх існуючих типів двигунів.

Перші найбільш інтенсивні і серйозні роботи по створенню конкурентоздатних двигунів Стірлінга, що відрізняються чистотою вихлопу, низьким рівнем шуму через відсутність вибухового згорання, відсутність систем газорозподілу і запалювання, високою паливною економічністю почалися в 1934 році в голландській компанії «Філіпс».

З 1975 року до 1990-х років створення двигунів Стірлінга проводилося, в основному, на автомобільних компаніях, таких як, «GeneralMotorsCo», «FordMotorCo», «MAN-MBW» і для військових потреб. Транспортні двигуни Стірлінга, як правило,

виготовлялися за типом подвійної дії, з лінійним приводом і т.д. При створенні транспортних двигунів Стірлінга, з урахуванням великої кількості циклів «пуск-зупинка» і часто змінній потужності, жорстких вимог по масі і розмірам, застосовувалися дорогі матеріали (наприклад, кобальт, цинк, мідь, нікель і т.д.) і складне технологічне виконання оригінальних конструктивних елементів. Такий підхід дозволяв досягати максимальних серед всіх поршневих двигунів показників ефективності, але й значно підвищував вартість виробів.

З середини 90-х років минулого століття в області створення двигунів Стірлінга основним напрямком стало виробництво стаціонарних енергетичних установок^[9]. При їх серійному виробництві і експлуатації основним показником є вартість, яка складається з вартості виготовлення і обслуговування. Масові і габаритні характеристики для стаціонарних когенераційних установок не є значимими. На основі цього, в сучасних типах двигунів Стірлінга закладені нові технічні рішення, що дозволили значно знизити їх вартість. Необхідно відзначити, що цілий ряд компаній розпочали виробництво двигунів, технічні характеристики яких вже зараз перевершують ДВС і газотурбінні установки в діапазоні потужності від 1 до 100 кВт.

Основні технічні характеристики запропонованих сьогодні на ринку енергетичних установок на основі двигунів Стірлінга, залежно від компанії-виробника, коливаються в межах:

- питома вартість від 1300 \$ до 3000 \$ за кіловат установленної потужності;
- моторесурс від 20000 до 87000 годин;
- ефективний ККД до 45%.

Необхідно відзначити, що в XXI сторіччі на ринку виробників двигунів Стірлінга відбуваються серйозні зміни. Проекти по створенню двигунів Стірлінга розробили у більшості великих енергетичних компаній світу. Про свої програми по розробленню двигунів Стірлінга заявили такі провідні в світі фірми з виробництва енергетичних установок, як «TODEM», "CumminsPowerGeneration", "ToshibaCorp.", "MitsubishiElectricCorp." та ін. За 2007 рік, з'явилися нові потужні об'єднання, наприклад,

європейський швейцарсько-німецький концерн «Stirling Systems AG» та транснаціональна корпорація, до складу якої входять провідні американські, японські, італійські і німецькі енергетичні фірми ("Merloni Termosanitari (MTS Group)" (Італія), "Bosch Group" (Німеччина) , "Rinnai" (Японія), "Infinia" (США).

Поява таких великих компаній, які об'єднують в собі значні фінансові та виробничі потужності, пояснюється сучасним високим рівнем вимог до ефективності енергетичних систем, їх екологічної чистоти, зростанням вимог по використанню відновлюваних і чистих місцевих енергоресурсів. Безумовно, в найближчий час, це призведе до жорсткої конкуренції на ринку двигунів Стірлінга і автономних енергетичних установок в цілому.

Приклади сучасних компаній і їх продуктів на ринку:

Компанія Qnergy випустила двигун Стірлінга в двох типорозмірах: 3.5 і 7.5 кВт. Двигуни Qnergy серії QB є найбільшими комерційними машинами Стірлінга, доступними на ринку. Використовуючи ноу-хау та досвід, отриманий в автомобільній промисловості, команда розробників оптимізувала двигун, з точки зору його ефективності та вартості виробництва, створивши доступне рішення для ринку. Як і належить двигуна Стірлінга, він відрізняється високим ККД, надійністю, низьким рівнем шумів і може використовувати майже будь-які види палива^[11].

Двигуни сконструйовані за типом вільнопоршневих двигуна Стірлінга (FPSE) (Рисунок 1.4). Технічні характеристики двигунів наведені в Таблиці 1.1.

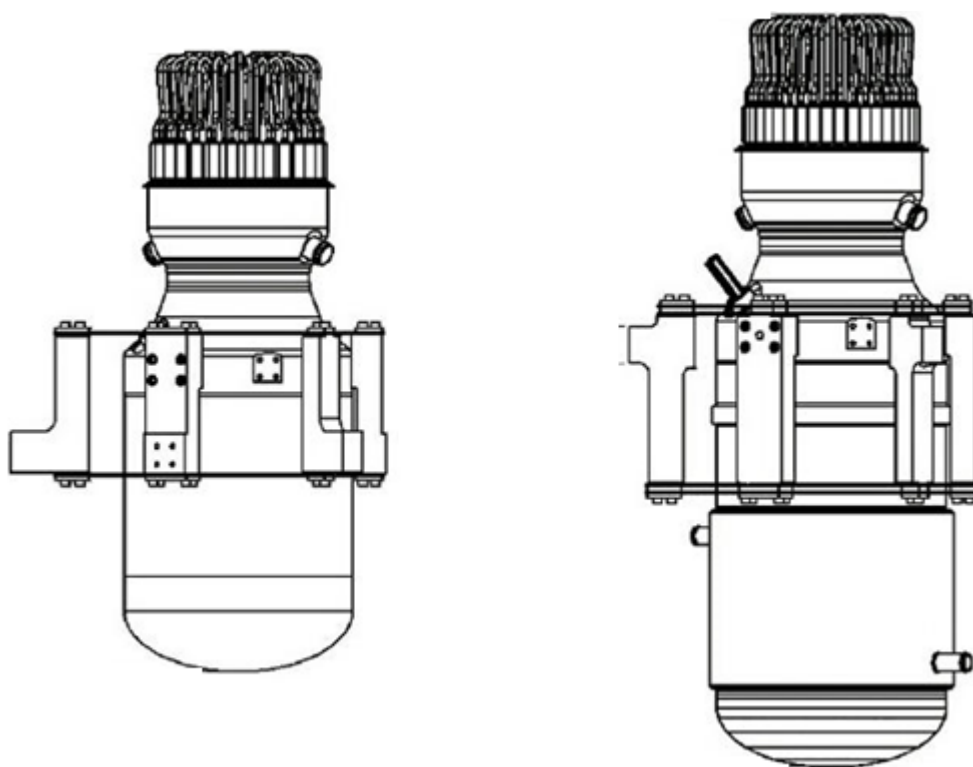


Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд двигунів Стірлінгу QB-3500 та QB-7500

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики двигунів Стірлінгу QB-3500 та QB-7500

Модель	QB-3500	QB 7500
Тип	Вільнопоршневий	Вільнопоршневий
Вихідна потужність	3.5 кВт	7.5 кВт
Вихідна напруга	420 В	420 В
Вихід з інвертора	380В або 220В 110В 50-60 Гц	380В або 220В 110В 50/60 Гц
Робоче тіло	Гелій 99.999%	Гелій 99.999%
Термін служби	50000 годин	50000 годин

Вага	67 кг	103 кг
Техобслуговування	Не потрібно	Не потрібно
Застосування	Приватне житло, мікроТЕЦ, сонячна енергія	Комерційні об'єкти, мікроТЕЦ на біопаливі, рідкому паливі, газі

Реальний проект по суміщенню двигуна Стірлінга та сонячного колектора:

У 1996 році SES придбала у компаній Макдональд-Дуглас і Боїнг проекти, розробки та патенти на виробництво двигунів Стірлінга на сонячній енергії. Протягом наступного десятиліття SES в партнерстві з Сандійської Національною Лабораторією (США) удосконалила технологію. Генераторний модуль SES складається з сонячного параболічного концентратора, що стежить за пересуванням Сонця по двох осях, і блоку перетворення енергії (БПЕ), розташованого в фокусі концентратора. Кожен БПЕ складається з чотирьох циліндрів, в яких відбувається розширення водню, що призводить в рух поршні. Установка отримала назву SunCatcher і її зовнішній вигляд зображений на Рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд установки Sandia National Laboratories' National Solar Thermal Test Facility SunCatcher

Двигун Стірлінга більш ефективний в перетворенні сонячного випромінювання в електроенергію (ККД 31%), ніж більшість сучасних фотоелектричних елементів (в продажу елементи з ККД 14-18%, в стадії випробувань з ККД в 24-41%) і сонячних електростанцій концентраційного типу (параболічні жолоби - ККД 16%, баштові конструкції). Але один тільки високий ККД не забезпечив двигунам Стірлінга широке поширення в промисловості. Системи були розкритиковані як занадто дорогі, ненадійні і такі, що вимагають обслуговування через велику кількість рухомих частин^[12].

Прихильники цієї технології вказують на її переваги, зокрема, в порівнянні з сонячними електростанціями концентраційного типу, де в більшості випадків потрібно постачати значну кількість води, що має перешкоди в умовах пустельних регіонів США.

Двигуни Стірлінга вимагають умовно незначну кількість води для очищення дзеркал. Крім того, вихід з ладу одного двигуна надає лише мінімальний ефект на виробництво електроенергії всією електростанцією.

Встановлені на майданчику під Феніксом 60 генеруючих модулів були зібрані вручну інженерами Сандії і SES за три місяці. У співпраці з компаніями Tower Automotive і Linamar Corporation SES вдалося скоротити число деталей БПЕ на 60% (близько 650 штук) і знизити вагу всього модуля приблизно на 2250 кілограмів. Зменшення числа деталей привело до зростання надійності та зниження ціни двигуна. Нові модулі успішно пройшли випробування аналогічній експлуатації в 100000 годин.

Потужність електростанції Марікопа Солар становить 1,5 мегават. Електростанція формується з 60 генеруючих модулів.

Інженерам лабораторії вдалося досягти показника ККД для сонячних електростанцій в 31,25%.

Протягом декількох років на даній сонячній електростанції спеціалісти лабораторії випробовують різні модифікації енергогенеруючого обладнання, основними компонентами якого є параболічні сонячні дзеркала, в фокусах яких вбудовані двигуни Стірлінга і генератори електроенергії.

В результаті випробувань також було встановлено, що одна установка (параболічна дзеркало з електрогенератором) здатна віддавати потужність близько 27 кВт.

До системи висуваються наступні вимоги:

- Об'єкт має складатися з п'яти функціональних блоків: блок прийому енергії сонячного випромінювання, блок розподілення води, блок перетворення теплової енергії в електричну, блок розподілення електроенергії, блок опалення приміщення.
- Температура гарячої води в крані має можливість досягати значення в 60 °С, температура повітря в приміщенні має можливість досягати значення 21 °С, напруга в електромережі має бути 230 В $\pm 10\%$, частота має бути 50 $\pm 0,2$ Гц.

- Інтерфейс користувача має містити всі необхідні позначення та символи для того, щоб користувач міг вільно регулювати параметри та слідкувати за станом системи. Також фізичні елементи інтерфейсу мають бути зручними і ергономічними.
- Система має працювати безвідмовно якнайменш 90% часу.

Отже, сонячні колектори є технологією, що активно розвивається і має великі переваги перед електронагрівачами води за у вигляді дешевизни створеної теплової енергії, але використовується в обмеженому середовищі випадків через обмеження в доступі до джерела енергії сонячного випромінювання в зимову пору року. Двигун Стірлінга використовується в промислових проектах високої вартості бо має високий коефіцієнт корисної дії, може перетворювати теплову енергію будь-якого роду в механічну та не створює шкідливих викидів, проте для досягнення високої ефективності різниця температури між нагрівачем та холодильником має бути високою, а сам двигун при активному використанні має обмежений моторесурс.

З виконаного огляду та аналізу сучасних технологій альтернативного енергозабезпечення житлового будинку можна зробити висновки о типових компонентах – блок прийому енергії сонячного випромінювання, блок перетворення теплової енергії в електричну, необхідних для забезпечення виконання окреслених задач системи.

2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛА

2.1 Аналітичний розрахунок основних параметрів двигуна Стірлінга

Далі приведені фізичні розрахунки процесів, що відбуваються у двигуні Стірлінга. По замовчуванню, математичні обрахунки дають результат, лише наближений до реальності, оскільки деяка кількість реальних факторів залишається не розглянутою в ідеальній системі. Це припущення є коректним, враховуючи, що в магістерській дисертації пропонується метод, який може бути застосований для реальних об'єктів з мінливими параметрами.

Для визначення корисної роботи двигуна за один ідеальний цикл Стірлінга використовується формула^[13]:

$$A = 0.37 \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot (T_2 - T_1) \cdot \text{Log} \left(\frac{T_2 + 273}{T_1 + 273} \right) \text{Дж},$$

де

- Температура холодильника, T_1 (°C);
- температура нагрівача, T_2 (°C);
- робочий об'єм, V_1 (Л);
- робочий тиск P_1 (атмосфера);
- універсальна газова стала, R ;
- число молей газу, N_u .

В магістерській дисертації використовується двигун Стірлінга β -конфігурації з поршнем-витіснювачем і робочим поршнем в одному циліндрі (Рисунок 2.1). Регенератор розташований під поршнем-витіснювачем.



Рисунок 2.1 – Схема двигуна Стірлінга β-конфігурації

Ідеальний цикл з регенератором складається з чотирьох переходів.

Перехід 1:

Звертаємо увагу на те, що фізичні розрахунки необхідно проводити в градусах Кельвіна, які для наочності переводяться в градуси Цельсія.

Початковий стан: витіснювач вгорі, газ знаходиться при T_1 і займає об'єм V_1 .

Витіснювач переміщається вниз до контакту з робочим поршнем.

Газ переходить в гарячу область, нагріваючись до T_2 в регенераторі. При цьому його тиск змінюється за формулою:

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Тепло, отримане газом від регенератора розраховується таким чином:

$$Q_1 = \Delta U = U \cdot (T_2 - T_1),$$

де ΔU має одиницю вимірювання Джоуль.

Перехід 2:

Поршень разом з витіснювачем рухаються вниз.

Газ ізотермічно розширюється до об'єму, що розраховується за формулою

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Тепло, отримане газом при розширенні дорівнює роботі, яку здійснює газ над робочим поршнем, розраховується за формулою:

$$A_1 = \int_{V_2}^{V_1} P \cdot dV$$

Р підставляємо з рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$P \cdot V = N_u \cdot R \cdot T,$$

$$P = \frac{N_u \cdot R \cdot T}{V}.$$

Перехід 3:

Т постійна і дорівнює T_2 .

Остаточно:

$$A_1 = N_u \cdot R \cdot T_2 \cdot \log \frac{V_2}{V_1}$$

Витіснювач переміщається вгору, газ йде в холодну область через регенератор, віддаючи йому тепло $Q_2 = Q_1$, так само, як і в переході 1, охолоджуючись до T_1 .

Перехід 4:

Робочий поршень переміщається вгору, стискаючи газ від обсягу V_2 до об'єму V_1 , при цьому газ віддає холодильнику тепло, що дорівнює роботі зовнішньої сили над поршнем (таке ж, як і в переході 2, тільки при температурі T_1):

$$A_2 = N_u \cdot R \cdot T_1 \cdot \log \frac{V_2}{V_1}.$$

Система повернулася в початковий стан. Цикл двигуна завершено.

Корисна робота за цикл дорівнює різниці роботи A_1 і роботи A_2 :

$$A = N_u \cdot R \cdot (T_2 - T_1) \cdot \log \frac{V_2}{V_1},$$

Оскільки $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$, то отримуємо результат, що наведений вище. Повна робота за

цикл:

$$A = N_u \cdot R \cdot (T_2 - T_1) \cdot \log \frac{T_2}{T_1}$$

Для перевірки розрахуємо ККД теплової машини Стірлінгу. Він дорівнює корисній роботі, що розділена на тепло, витрачене при розширенні газу в циліндрі двигуна Стірлінгу:

$$ККД = \frac{A}{A_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}.$$

Це максимально можливий ККД теплової машини.

Варто звернути увагу, що робота двигуна за цикл не залежить від виду газу, а тільки від кількості газу і температур нагрівача і холодильника.

Проведемо розрахунок регенератора в ідеальному двигуні Стірлінга:

Регенератор – це трубка з теплоізоляційного матеріалу, заповнена пористою субстанцією, через яку проходить газ в гарячу область внутрішньої частини двигуна і назад в холодну область в процесі циклу двигуна Стірлінга.

В спеціалізованій літературі ця субстанція називається насадкою.

Нижній кінець регенератора має температуру холодильника, верхній кінець – температуру області нагрівача. В результаті газ потрапляє в область нагріву і охолодження, відповідно маючи потрібну температуру. Регенератор є тепловим акумулятором, призначеним для запобігання втратам теплоти. Він сприймає теплоту робочого тіла при перетіканні з гарячої порожнини в холодну і віддає її при зворотному перетіканні робочого тіла. В процесі нагрівання газ приймає тепло від регенератора, а в процесі охолодження віддає точно таку ж кількість тепла регенератору, запасаючи в ньому теплову енергію на наступний цикл. При цьому температура регенератора не змінюється. Так буде, якщо теплоємність насадки багаторазово (в десятки разів) перевищує теплоємність газу.

Щоб не було тепловіддачі вздовж осі регенератора, насадку потрібно укласти тонкими шарами.

З розрахунків[] випливає, що об'єм регенератора становить 60-120 см³. Об'єм регенератора – це не корисний об'єм. Двигун Стірлінга не є компактним.

Проведемо розрахунок охолоджувача для нашої моделі:

Якщо узагальнити, то в ситуаціях, коли двигун Стірлінга не має доступу до необмеженого джерела води (наприклад, до водяного насосу або двигуна на кораблі), залишається тільки повітряне охолодження, яке має нижчу ефективність.

Повітряне охолодження – в прийнятій моделі це охолодження за допомогою ребристих радіаторів. Тобто, вся охолоджувальна поверхня покривається пластинами з алюмінію, міді або аналогічних за теплопровідністю речовин завтовшки не менше, ніж 1 мм. Відстань між ними має бути не менше, ніж 6-8 мм для природного охолодження. При примусовому охолодженні можна зменшити відстань до 3-5 мм.

Якщо провести дослідження реальних розрахунків параметрів охолодження, теплової тотожності, то існує емпірична залежність: 1 см² поверхні ребра охолодження при перепаді температури в 1 градус Цельсія здатний віддати близько 1 мВт потужності при природному двосторонньому охолодженні[].

Запишемо формулою:

$$P = 0.001 \cdot S \cdot dT,$$

де P – потужність у ватах, S – площа в см², dT – різниця між температурою охолоджувача і навколишнього повітря.

Тому потрібна нам площа охолоджувача $S = 1000P \cdot dT$

Вважаємо, що в даній роботі обраний двигун Стірлінга, що має робочий об'єм в 1 Л і робочий тиск в 1 атмосферу, має ККД 15% і вихідну потужність 1 кВт. З такими умовами двигун повинен віддавати охолоджувачу 6.7 кВт при температурі 100 градусів по Цельсію. Температура повітря дорівнює 30 градусів по Цельсію (реальна температура для літніх місяців на території Одеської області). Сонячний колектор нагріває теплоносії до температури 100 градусів за Цельсієм і даний теплоносії стабільно передає теплову енергію нагрівачу двигуна.

Перепад температур становить 70 °С. Значить площа охолоджувача дорівнює

$$\frac{1000 \cdot 6700}{70} = 95710 \text{ см}^2.$$

Даний результат можна округлити до 100 000 см².

Якщо взяти ребра радіатора з параметрами 20x10 см (200 см²), буде потрібно 500 таких пластин. При відстані між ребрами 6 мм, довжина радіатора складе 300 см. При розміщенні його по навколо циліндра двигуна, отримуємо діаметр циліндра 100 см. Для двигунів більшої потужності розміри зростуть пропорційно. Проте, двигун не буде мати розмір, який не дозволить практичне використання двигуна в побуті.

За емпіричними даними при примусовому охолодженні потік повітря зі швидкістю в 1 м/с знижує вимоги до площі радіатора вдвічі. Для моделі двигуна Стірлінга площа охолоджувача буде становити близько 5000 см².

Треба б ще враховувати, що була охолоджена лише зовнішня стінка циліндра. Усередині температура буде вище. Вважаємо, що це мінімальний охолоджувач, і для реального двигуна допущення, що реальний охолоджувач має бути не меншого розміру, справедливе.

2.2 Проведення дослідження показників ефективності системи

Визначивши основні показники кількості отриманої енергії з альтернативних джерел в регіоні, можна розрахувати та візуалізувати економічну доцільність системи енергопостачання, використовуючи низку показників ефективності. В даній магістерській дисертації запропонована методика дослідження ефективності системи альтернативного енергозабезпечення житла за наступними розрахунками:

- обчислення отриманого поверхнею Землі теплової енергії для певного місця на території України;
- розрахунок необхідної кількості енергії сонячного випромінювання для забезпечення житла, що має певні параметри, тепловою енергією для підтримання заданої температури;
- розрахунок необхідної кількості теплової енергії для генерування достатньої кількості електроенергії, щоб задовольнити потреби, не використовуючи централізоване енергопостачання;
- розрахунок необхідних параметрів обладнання для підтримання системи в робочому стані, використовуючи дані про температуру і освітленість в різні періоди року для певного регіону на території України;
- розрахунок середньорічного значення кількості енергії сонячного випромінювання на одиницю площі в містах України;
- розрахунок залежності теплових витрат від періоду року;
- обчислення залежності коефіцієнтів ефективності сонячного колектору від кількості панелей за холодний період року;
- розрахунок енерговитрат на стандартні побутові електроприлади;
- розрахунок собівартості системи, побудованої з використанням методики.

На Рисунку 2.2 представлена мапа глобальної горизонтальної інтенсивності опромінення ^[14].

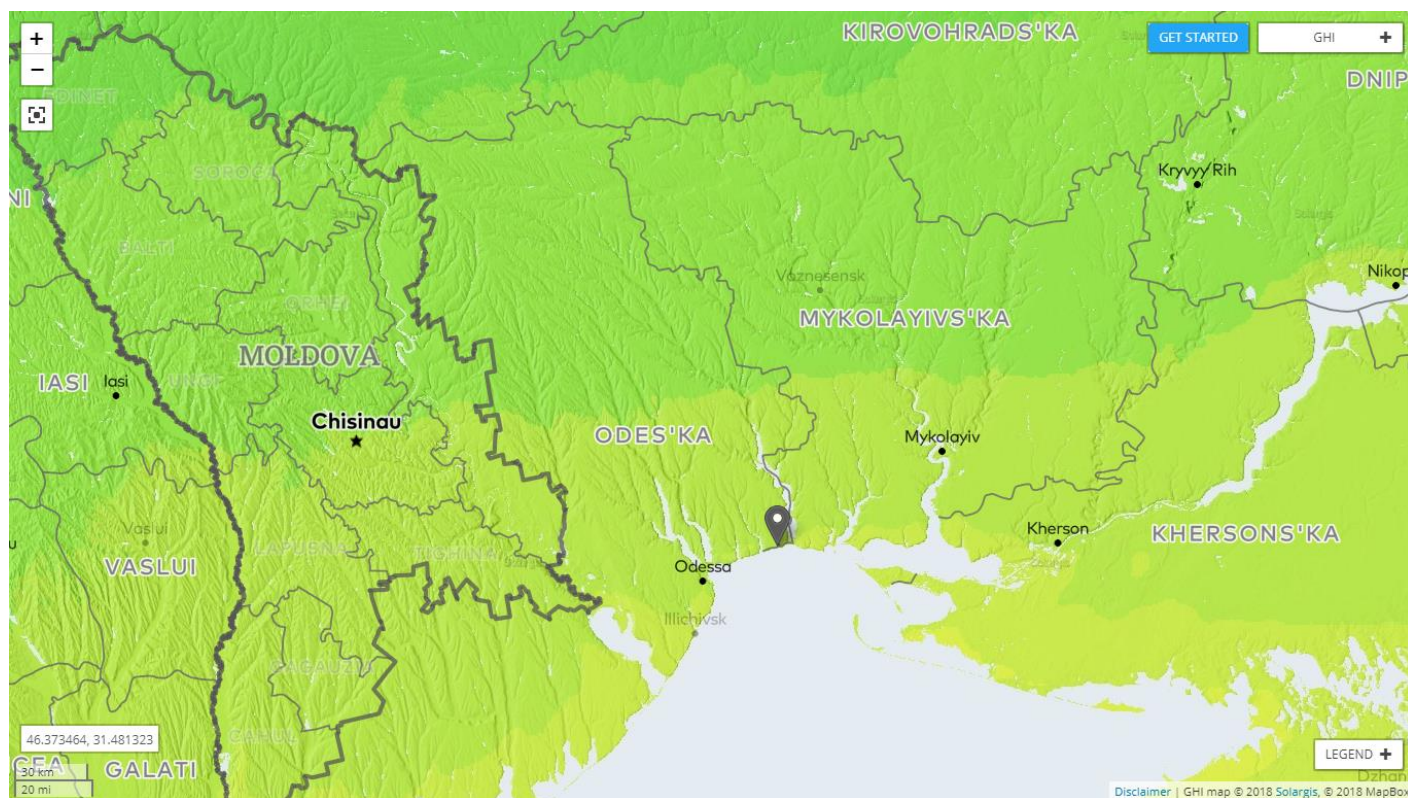


Рисунок 2.2 – Мапа глобальної горизонтальної інтенсивності опромінювання

Глобальна горизонтальна інтенсивність опромінювання – це сумарна інтенсивність Сонячного випромінювання горизонтальної поверхні Землі. Фізичний зміст: сума прямої інтенсивності опромінення (після врахування кута сонячного зеніту) та дифузної горизонтальної інтенсивності опромінення.

$$GHI = DHI + DNI \times \cos(z)$$

де GHI – глобальна горизонтальна інтенсивність опромінювання, DHI – дифузна горизонтальна інтенсивність опромінення, DNI – пряма інтенсивність опромінення.

Для м. Южне значення кількості енергії сонячного випромінювання на метр квадратний за рік становить:

1348 кВт·год/м²/рік

Оптимальний середній кут встановлення сонячних панелей для цього регіону: 34 ° / 180 ° (Рисунок 2.3).

Середня температура повітря 11.4 °С



Рисунок 2.3 – Схема встановлення панелі відносно Сонця

Дані по середньому значенні кількості енергії сонячного випромінювання за день в місті Одеса зведені до Таблиці 2.1, а дані по середньому значенні кількості енергії сонячного випромінювання за місяць зведені до Таблиці 2.2 ^[15].

Таблиця 2.1 – Середнє значення кількості енергії сонячного випромінювання по місяцям (за день на горизонтальній поверхні, кВт·год/м²/день).

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
1.25	2.06	3.04	4.37	5.59	5.8
Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
6.05	5.31	3.86	2.46	1.35	1.01

Таблиця 2.2 – Середньомісячне значення здобутої кількості енергії сонячного випромінювання по місяцям (за місяць на горизонтальній поверхні, кВт·год/м²/місяць).

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
37.5	57.68	94.24	131.1	167.7	182.28
Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
181.5	164.61	119.66	73.8	40.5	31.31

За результатами проведених досліджень розроблюємо графік залежності кількості енергії сонячного випромінювання на одиницю площі від місяця (Рисунок 2.4).

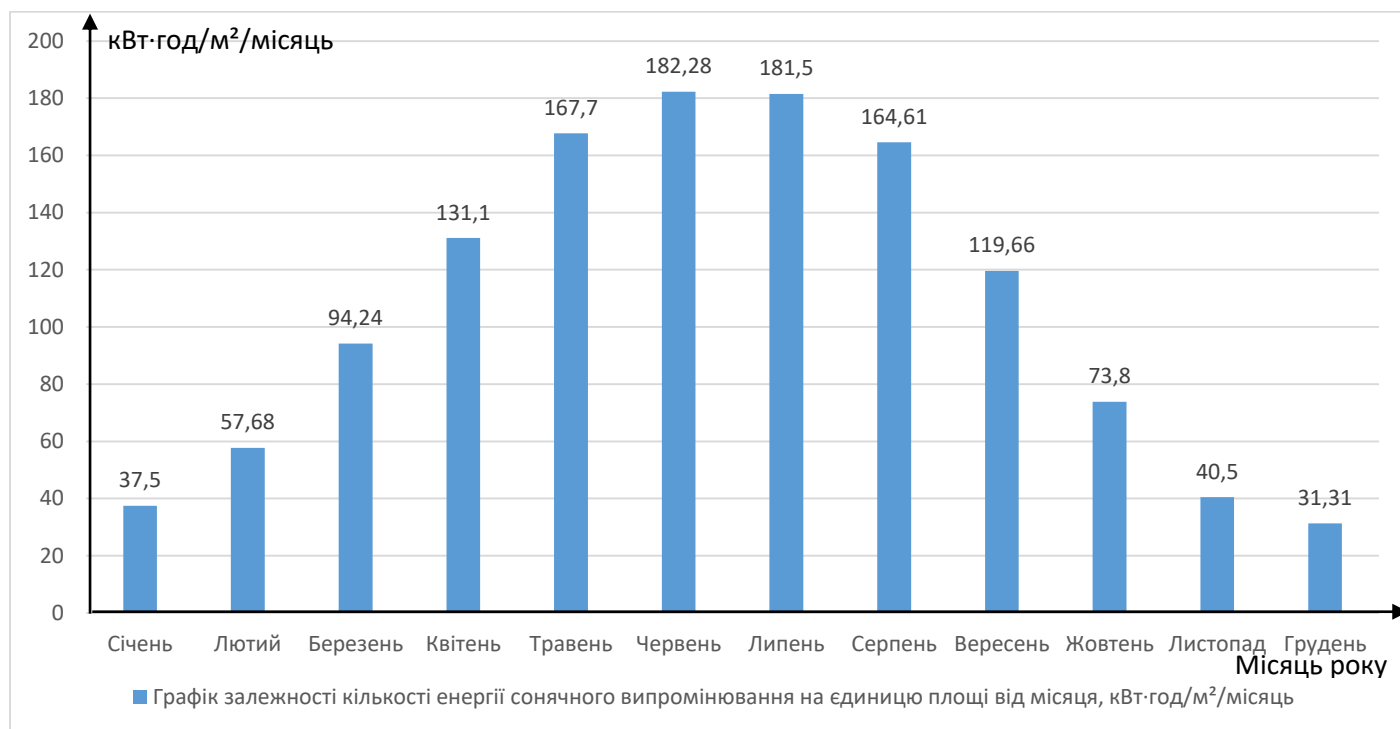


Рисунок 2.4 – Графік залежності кількості енергії сонячного випромінювання на одиницю площі від місяця, кВт·год/м²/місяць

Отримане значення енергії сонячного випромінювання (Рисунок 2.4) є розрахованим середньо. Реальне значення буде відрізнятися через непередбачувані фактори. Вважаємо, що сонячний колектор, який знімає теплоту з енергії сонячного випромінювання, має сталу потужність, яка залежить лише від інтенсивності опромінення, а не стану поверхні колектора.

Важливим є вибір регіону України, де система матиме вищу ефективність. Південні регіони (Одеська область) отримують більше енергії сонячного випромінювання, ніж інша частина поверхні держави. Крім того, що широта визначає кут падіння сонячних променів, хмарність в прибережних територіях є нижчою^[1].

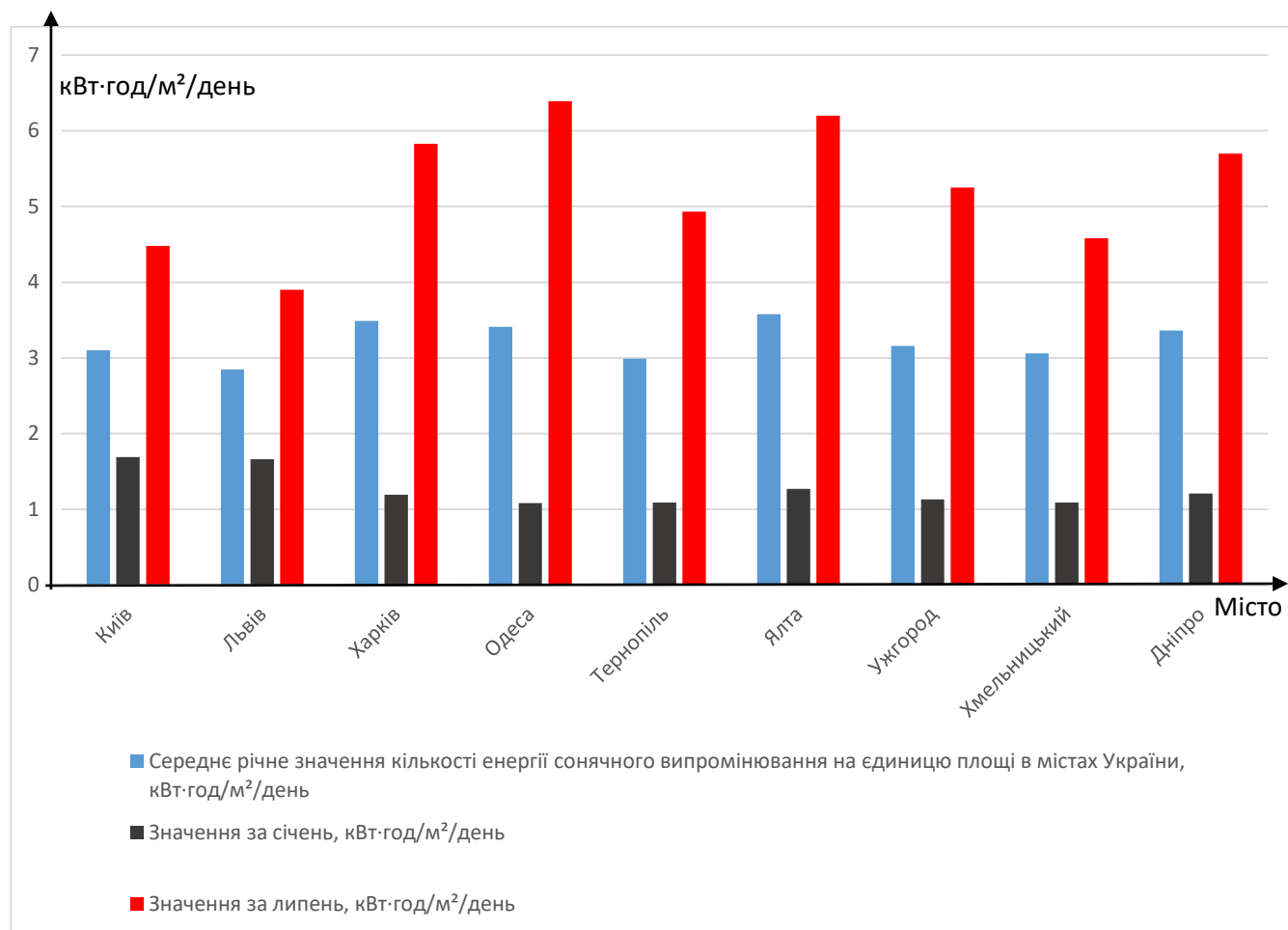


Рисунок 2.5 – Графік середньорічного значення кількості енергії сонячного випромінювання на одиницю площі в містах України, кВт·год/м²/день

Як видно з рисунку 2.5, середньорічне значення кількості енергії сонячного випромінювання найвище в Ялті, проте в містах Одеса, Харків та Дніпро значення нижче на незначний відсоток, а середнє значення кількості енергії в липні найвище в Одесі.

Температура ґрунту в холодний період року становить, в середньому, 8 °С [16]. Таблиця температур наведена на рисунку 2.6. Температура води зі свердловини становить 8 °С.

Населённые пункты	h , м	Месяцы												$t_{\text{ср}}$, °C
Одесса	0,8	4	2,8	3,2	6,7	11,7	15,4	18,4	19,5	18,3	15	10,7	6,5	11
	1,2	5,4	4	3,9	6,3	10,3	13,7	16,6	17,9	17,3	15,6	11,9	8,2	11
	2,4	9,5	7,8	6,5	6,3	8,2	10,8	13,1	15,1	15,9	15,2	13,6	11,5	11

Рисунок 2.6 – Залежність температури ґрунту від його глибини; від місяця року; в місті
Одесса

Для моделювання розрахунку теплової ефективності обрано житло, що задовольняє умовам простоти процесу моделювання. Моделювання проводиться для періоду року, коли існує потреба в системі опалення.

Загальна площа: 100 м^2 .

Розрахунок теплового балансу приміщення (будинку) площею 100 м^2 у холодний період року у випадку використання надходження тепла через сонячний колектор.

Умовні позначення:

P_k – потужність однієї панелі сонячного колектора (СК).

N – кількість колекторів у тепловій системі.

T_g^0 – температура води зі свердловини, яка використовується для нагріву.

T_h^0 – температура нагрітої води, яка підтримується термостатично.

Для нашого проекту використовуємо: $T_h^0 = 60 \text{ °C}$; $T_g^0 = 8 \text{ °C}$.

$Q_{\text{кл}}$ – добові витрати тепла на підтримку сталого мікроклімату

Q_{heat} – кількість тепла, необхідного для нагріву V літрів води від T_g^0 до T_h^0 .

L – питома величина теплових втрат.

K_m – коефіцієнт ефективності панелі СК залежно від місяця року.

V – об'єм води, що витрачається.

Розрахунок теплового балансу:

1. Витрати тепла на нагрів води, яка необхідна для домогосподарства.

Якщо C – питома теплоємність води ($C = 4.2 \cdot 10^3$ Дж/кг), то Q_{heat} визначається за формулою:

$$Q_{\text{heat}} = C \cdot V (T_h^0 - T_g^0).$$

Приймемо, що на 1 добу $V = 50$ л.

Тоді в цифрах маємо:

$$Q_{\text{heat}} = 4.2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \cdot 50 \text{ кг} \cdot (60^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}) = 10.9 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 3.03 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

(1 год. = 3600 сек.).

2. Витрати тепла на підтримання сталої температури в приміщенні.

Для розрахунку ми користуємося кількісними параметрами, які наводяться на сайті з адресою електронного доступу ^[17].

Для розрахунку співвідношення надходжень тепла від СК та витрат тепла на опалювання доцільно дослідити залежність тепловитрат від зовнішньої температури. Первісний розрахунок проведений для зовнішньої температури – 10°C .

Питома величина теплових втрат для періоду опалювального сезону тут оцінюється з розрахунком, що питома величина теплових втрат L перебуває в межах $65\text{-}80$ Вт/м².

Ми приймемо для зручності:

$$L = 75 \text{ Вт/м}^2.$$

В такому разі добові витрати тепла на підтримку сталого мікроклімату $Q_{кл}$ визначаються як:

$$Q_{кл} = L \cdot S \cdot K_s \cdot D,$$

де K_s – сумарний коефіцієнт витрат тепла через поглинання вікнами, стінами, стелею підлогою, перепадом температур тощо, а $D = 24$ – кількість годин у добі ($Q_{кл}$ вимірюємо в кіловат-годинах).

На зазначеному вище сайті наводяться відповідні коефіцієнти цих витрат. Вони такі:

K_1 – коефіцієнт тепловтрат вікон, $K_1 = 0.85$ для потрійного склопакета;

K_2 – коефіцієнт тепловтрат стін, $K_2 = 0.854$ для хорошої теплоізоляції;

K_3 – коефіцієнт співвідношення площ вікон і підлоги, приймаємо $K_3 = 0.8$;

K_4 – коефіцієнт зовнішньої температури, яку ми для холодного періоду року приймаємо для простоти 0°C , а $K_4 = 0.5$;

K_5 – коефіцієнт, пов'язаний з кількістю відкритих назовні стін. Для будинку $K_5 = 1.4$;

K_6 – коефіцієнт, що враховує тип приміщення вище. Для теплого горища маємо $K_6 = 0.9$;

K_7 – коефіцієнт з поправкою на висоту приміщення. Для 2.5 м він дорівнює 1.

Після перемноження всіх коефіцієнтів маємо:

$$K_s = 0.85 \cdot 0.854 \cdot 0.8 \cdot 0.5 \cdot 1.4 \cdot 0.9 = 0.583$$

Тоді:

$$Q_{кл} = L \cdot S \cdot K_s \cdot D = 0.075 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \cdot 100 \text{ м}^2 \cdot 0.583 \cdot 24 = 4.37 \text{ кВт} \cdot 24 = 104.9 (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Отже, зауважимо, що потрібна кількість тепла на опалення будинку площею 100 м^2 перевищує необхідну кількість тепла на нагрів води орієнтовно більш ніж у 30 разів (105 проти 3).

Таким чином, для зовнішньої $T^o = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ для поточних даних ми маємо середні теплові витрати 4.37 кВт.

Далі, на сайті каталогу технічного обладнання^[http://www.ktto.com.ua/], в який автори сайту внесли офіційну інформацію від заводів, що виготовляють відповідне обладнання, містяться розрахунки для витрат тепла на опалення в залежності від температури зовнішнього середовища. Ми використаємо наведені дані для складання графіку залежності частки долі тепла, яка йде на нагрів приміщення та води від загального надходження тепла завдяки використанню СК. При цьому ми використаємо дані графіку середньої температури в Одесі протягом холодної частини року, починаючи з листопада 1917 р. по березень 2018 р., який міститься за адресою <https://www.accuweather.com/ru/ua/odesa>.

Коефіцієнт теплових витрат розраховується згідно даних на сторінці джерела^[http://www.ktto.com.ua/calculation/temperaturnyy_grafik]. Згідно з розрахунками, які подає даний сайт, теплові витрати за зовнішньої температури $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ становлять 68% від зовнішньої $T^o = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, і, наприклад, 48 % за температури $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це дозволяє нам, з урахуванням даних по клімату Одеси, побудувати відповідний графік. При цьому, для наочності, ми перерахуємо шкалу від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – тобто, за температури нижче нуля, коефіцієнт теплових витрат перевищує 1, а за додатних температур – менше 1. В такому разі, основна величина теплових витрат у кіловатах становить 0.68 від наведеної вище величини:

$$Q_{\text{кл}} / 24 = 0.68 \cdot 4.37 = 3.0 \text{ кВт} \text{ (з округленням до десятих).}$$

Дані розрахунків зводяться у Таблицю 2.3. За даними Таблиці 2.3 будується графік залежності коефіцієнту теплових витрат від періоду року, подекадно.

Таблиця 2.3 – Розрахований коефіцієнт теплових витрат від базового в залежності від періоду року.

Період року (подекадно)	Середня температура повітря (T°)	Розрахований коефіцієнт теплових витрат від базового при $T^{\circ}=0^{\circ}$
1-10.11.2017	+ 6.0 $^{\circ}\text{C}$	0.71
11-20.11.2017	+ 3.7 $^{\circ}\text{C}$	0.82
21-30.11.2017	+ 2.2 $^{\circ}\text{C}$	0.9
1-10.12.2017	+ 1.3 $^{\circ}\text{C}$	0.95
11-20.12.2017	+ 0.5 $^{\circ}\text{C}$	0.98
21-31.12.2017	0	1.0
1-10.01.2018	- 0.8 $^{\circ}\text{C}$	1.04
11-20.01.2018	- 1.5 $^{\circ}\text{C}$	1.07
21-30.01.2018	- 1.5 $^{\circ}\text{C}$	1.07
31.01-9.02.2018	- 1.5 $^{\circ}\text{C}$	1.07
10.02-19.02.2018	- 1.0 $^{\circ}\text{C}$	1.04
20.02-1.03.2018	0	1.0
2-11.03.2018	+ 1.4 $^{\circ}\text{C}$	0.95
12-21.03.2018	+ 2.7 $^{\circ}\text{C}$	0.87
22-31.03.2018	+ 5 $^{\circ}\text{C}$	0.76

Розраховується залежність коефіцієнту теплових витрат на Рисунку 2.7.

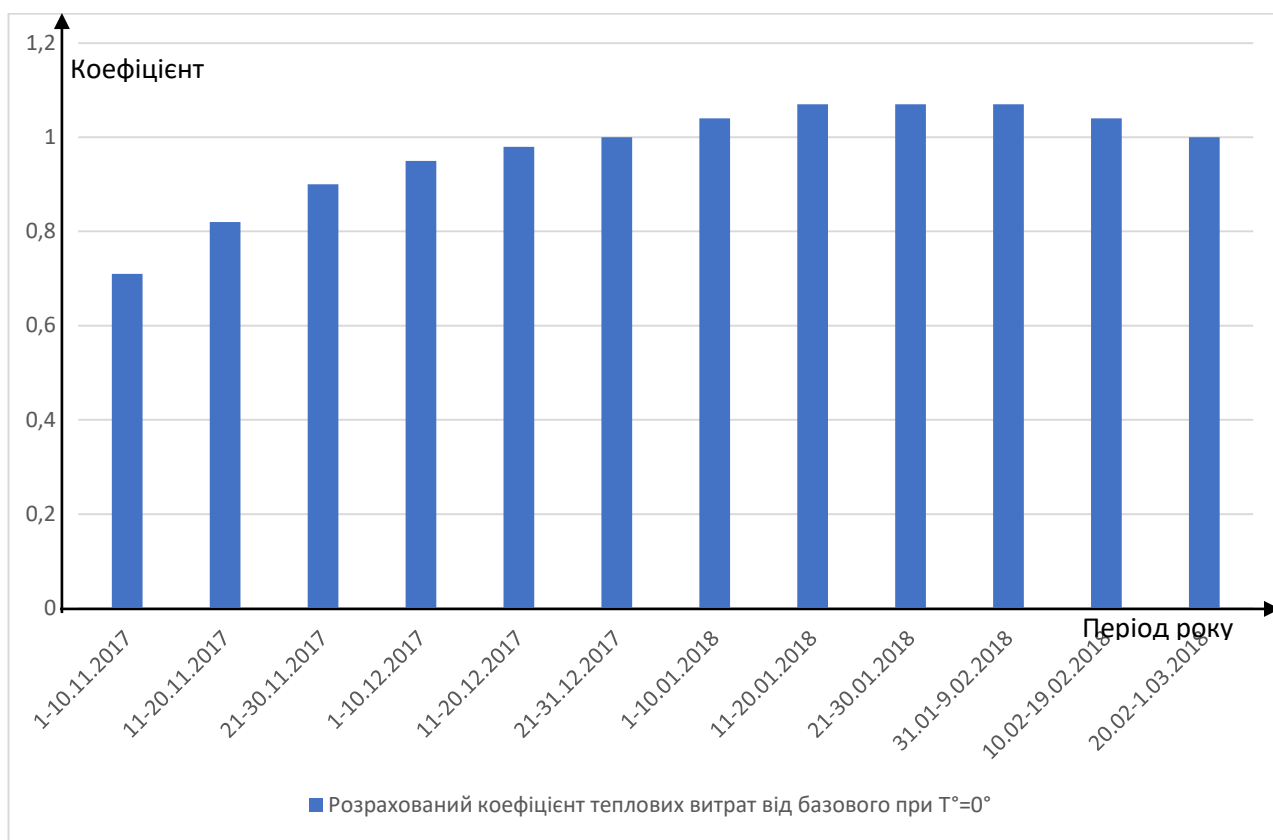


Рисунок 2.7 – Графік залежності коефіцієнту теплових витрат від періоду року, подекадно

3. Надходження тепла за рахунок панелей сонячного колектора.

Врахуємо, що тепло, яке отримує система від панелей СК і яка іде на обігрів приміщення та меншою мірою на нагрів води, визначається тривалістю світового дня, кутом нахилу сонячних променів до поверхні колектору та часткою ясної погоди. Усі ці величини є змінними. Утім, дослідження, які проводилися для широти, близької до Одеси [\[https://www.buderus.ua/files/201307161714000.Buderus_Производительность%20гелиоколлекторов.pdf\]](https://www.buderus.ua/files/201307161714000.Buderus_Производительность%20гелиоколлекторов.pdf), дозволяють отримати дані по теплонадходженню для проміжного куту нахилу колектора 38° . Наявні дані дозволяють оцінити відносну теплову віддачу СК. Якщо найбільше теплове надходження за березень позначити коефіцієнтом 1, то, згідно з поданим графіком коефіцієнт K_m для лютого становить 0.79, січня 0.52, грудня 0.5 і листопада 0.68 (розрахувати більш детально, по декадах немає можливості). Отже, якщо орієнтовно

потужність однієї панелі СК в березневий день оцінити як 1.5 кВт, можна розрахувати кількість тепла, яка надходить від панелі в усереднений день кожного місяця з листопада по березень. Дані по розрахунку надходження тепла в систему від однієї панелі протягом холодної пори року зведені у Таблицю 2.4. Узагальнення результатів по надходженню тепла в систему від однієї панелі протягом холодної пори року представлено на рисунку 2.8. Результати додаються в Додаток А.

Таблиця 2.4 – Надходження тепла в систему від однієї панелі протягом холодної пори року

Період року (подекадно)	Тривалість дня, середня	Середнє теплонадходження від панелі за 1 год, кВт	Надходження тепла в систему за добу, кВт·год
1-10.11.2017	9 г. 50 хв.	1.02	10.0
11-20.11.2017	9 г. 25 хв.	1.02	9.6
21-30.11.2017	9 г. 2 хв.	1.02	9.2
1-10.12.2017	8 г. 46 хв.	0.75	6.58
11-20.12.2017	8 г. 35 хв.	0.75	6.44
21-31.12.2017	8 г. 35 хв.	0.75	6.44
1-10.01.2018	8 г. 45 хв.	0.78	6.8
11-20.01.2018	9 г.	0.78	7.0
21-30.01.2018	9 г. 22 хв.	0.78	7.3
31.01-9.02.2018	9 г. 50 хв.	1.19	11.7
10.02-19.02.2018	10 г. 20 хв.	1.19	12.3
20.02-1.03.2018	10 г. 48 хв.	1.19	12.85
2-11.03.2018	11 г. 20 хв.	1.5	17.0
12-21.03.2018	11 г. 52 хв.	1.5	17.8
22-31.03.2018	12 г. 25 хв.	1.5	18.6

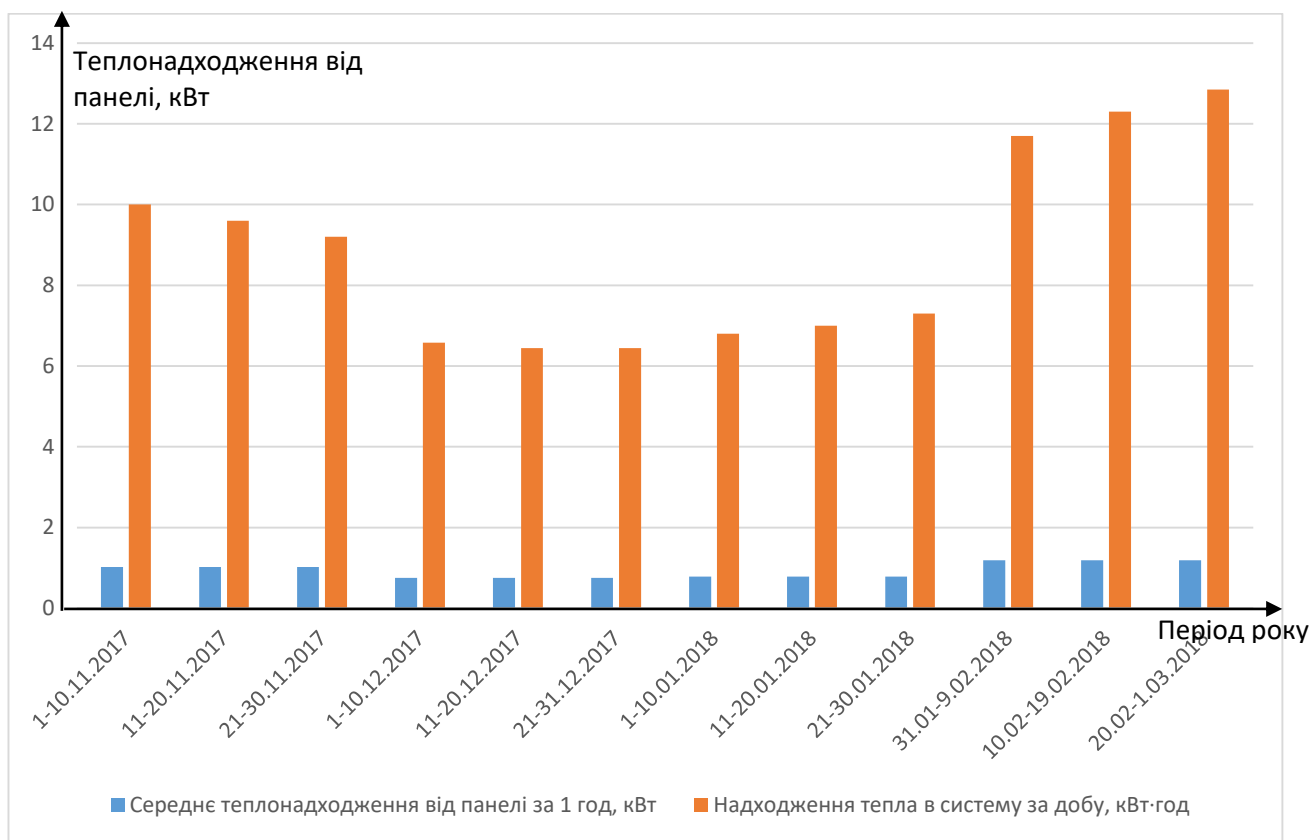


Рисунок 2.8 – Графік залежності надходження тепла в систему за добу від періоду холодної пори року

Наведені дані дозволяють оцінити ефективність теплопостачання в залежності від сезонних змін та кількості використаних сонячних панелей. Для наочності ми вибираємо кількість панелей N в трьох варіантах: мінімально доцільну $N = 10$, $N = 12$ і максимальну $N = 15$. У правій колонці коефіцієнт ефективності сонячного колектора визначається як співвідношення надходження теплової енергії від панелей та теплових витрат, в тому числі з додаванням 3 кВт·год. на нагрів 50 л води до 60 °С.

Для різної кількості панелей дані по розрахунку показників системи сонячних колекторів в холодну пору року зведені у Таблиці 2.5-2.7.

Таблиця 2.5 – Показники системи сонячних колекторів в холодну пору року при використанні 10 панелей.

Період року (подекадно)	Температури витрати тепла, кВт	Кількість витраченого тепла за добу, кВт·год	Середня потужність теплого нагріву, кВт у світлий час добы	Надходження тепла у світлий час добы, кВт·год	Коефіцієнт ефективності СК для N = 10
1-10.11.	2.13	54.1	10.2	100.0	1.85
11-20.11	2.46	62.0	10.2	96.1	1.55
21-30.11	2.7	67.8	10.2	91.8	1.35
1-10.12	2.85	71.4	7.5	65.8	0.92
11-20.12	2.94	73.6	7.5	64.4	0.88
21-30.12	3.0	75.0	7.5	64.4	0.86
1-10.01	3.1	77.4	7.8	68.3	0.88
11-20.01	3.2	79.8	7.8	70.2	0.88
21-30.01	3.2	79.8	7.8	73.1	0.92
31.01-9.02	3.2	79.8	11.9	117.0	1.47
10-19.02	3.1	77.4	11.9	123.0	1.59
20-28.02	3.0	75.0	11.9	128.9	1.72
1-10.03	2.85	71.4	15	169.9	2.38
11-20.03	2.61	65.6	15	178.2	2.72
21-31.03	2.28	57.7	15	186.2	3.23

Таким чином, ми бачимо, що для 10 панелей енергопостачання має ускладнення протягом грудня-січня. Хоча коефіцієнт ефективності в ці місяці сягає приблизно 0.9, і тому звести тепловий баланс можна з деяким зниженням температури в приміщенні.

Утім, виробляти додаткову електроенергію (з допомогою двигуна Стірлінга) можна протягом теплого періоду року.

Така сама таблиця для 12 панелей матиме наступний вигляд:

Таблиця 2.6 – Показники системи сонячних колекторів в холодну пору року при використанні 12 панелей.

Період року (подекадно)	Потужність, кВт	Кількість витраченого тепла за добу, кВт·год	Середня потужність теплого нагріву, кВт у світлий час доби	Надходження тепла у світлий час доби, кВт·год	Коефіцієнт ефективності СК для N = 12
1-10. 11.	2.13	54.1	12.2	120.0	2.22
11-20.11	2.46	62.0	12.2	115.3	1.86
21-30.11	2.7	67.8	12.2	110.2	1.62
1-10.12	2.85	71.4	9.0	79.0	1.1
11-20.12	2.94	73.6	9.0	77.3	1.05
21-30.12	3.0	75.0	9.0	77.3	1.03
1-10.01	3.1	77.4	9.4	82.0	1.06
11-20.01.	3.2	79.8	9.4	84.2	1.06
21-30.01	3.2	79.8	9.4	87.7	1.1
31.01-9.02	3.2	79.8	14.3	140.4	1.76
10-19.02	3.1	77.4	14.3	147.6	1.91
20-28.02	3.0	75.0	14.3	154.8	2.06
1-10.03	2.85	71.4	15	204.0	2.86
11-20.03	2.61	65.6	15	213.8	3.3
21-31.03	2.28	57.7	15	186.2	3.9

З цього графіку видно, що 12 панелей забезпечують теплоенергією систему протягом усього опалювального сезону, але використання двигуна Стірлінга протягом грудня-січня доцільне лише часткове, у світлу пору доби. В інші місяці він може бути більш ефективно використаний для 12 панелей і протягом усієї доби.

Таблиця 2.7 – Показники системи сонячних колекторів в холодну пору року при використанні 15 панелей.

Період року, (подекадно)	Потужність, кВт	Кількість витраченого тепла за добу, кВт·год	Середня потужність теплового нагріву, кВт у світлий час доби	Надходження тепла у світлий час доби, кВт·год	Коефіцієнт ефективності СК для N = 15
1-10.11	2.13	54.1	15.3	150	2.77
11-20.11	2.46	62.0	15.3	144.15	2.32
21-30.11	2.7	67.8	15.3	137.7	2.03
1-10.12	2.85	71.4	11.25	98.7	1.38
11-20.12	2.94	73.6	11.25	96.6	1.31
21-30.12	3.0	75.0	11.25	96.6	1.29
1-10.01	3.1	77.4	11.7	102.45	1.32
11-20.01	3.2	79.8	11.7	105.3	1.32
21-30.01	3.2	79.8	11.7	109.65	1.37
31.01-9.02	3.2	79.8	17.85	175.5	2.2
10-19.02	3.1	77.4	17.85	184.5	2.38
20-28.02	3.0	75.0	17.85	193.35	2.58
1-10.03	2.85	71.4	22.5	254.85	3.57
11-20.03	2.61	65.6	22.5	267.3	4.07
21-31.03	2.28	57.7	22.5	279.3	4.84

Якщо використовувати 15 панелей, то надлишкової кількості енергії навіть у зимовий період достатньо для генерування електричного струму і зменшення навантаження на мережу централізованого електропостачання. В більш теплі періоди року електроенергія буде не лише повністю задовольняти потребу будинку в потужності, але її можна буде і продавати за «Зеленим тарифом».

Далі побудуємо графік (Рисунок 2.9), на якому буде зображене порівняння коефіцієнтів ефективності сонячного колектору або коефіцієнт надлишкової теплової енергії, яку можна використати для живлення двигуна Стірлінга для сонячних колекторів з різною кількістю панелей.

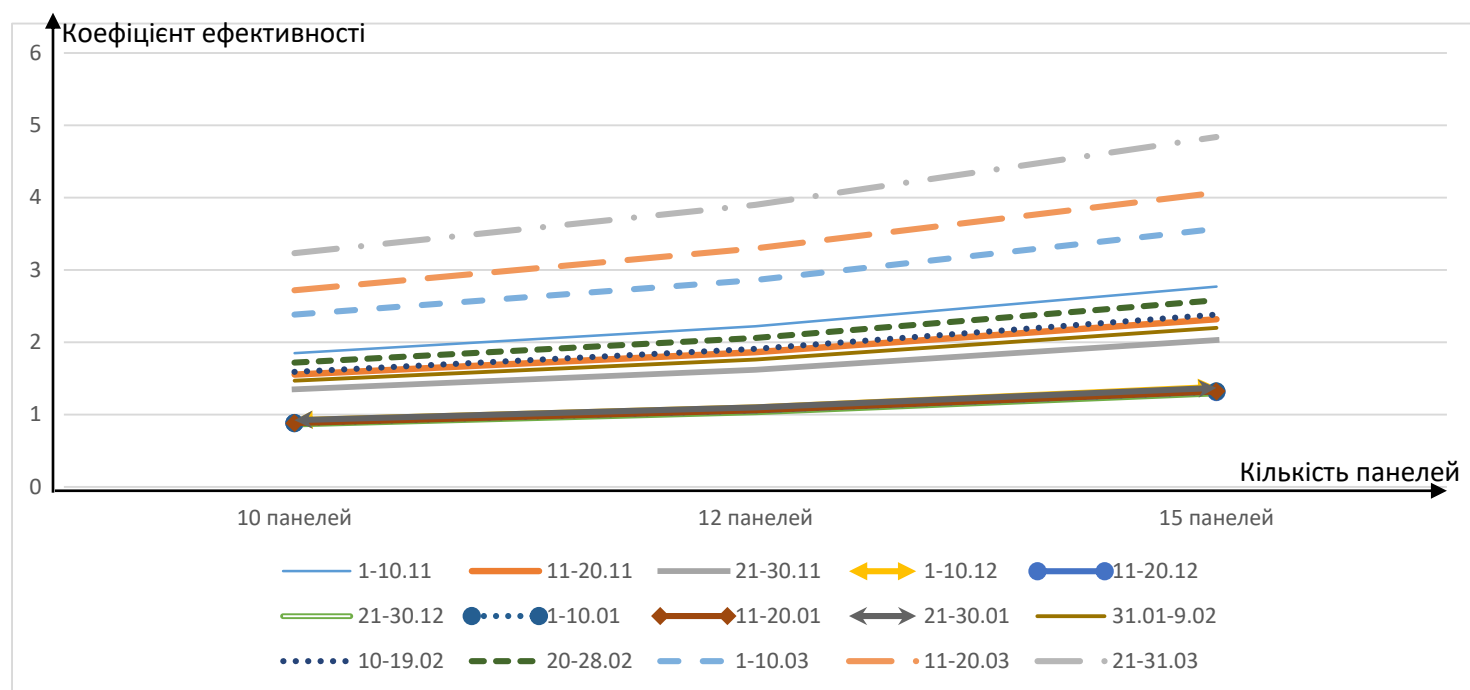


Рисунок 2.9 – Графік залежності коефіцієнтів ефективності сонячного колектору в залежності від кількості панелей за холодний період року

Для розрахунку економічної ефективності системи необхідно встановити, яке енергопостачання потребують стандартні електроприлади. Для цього було підібрано стандартні значення потужності електроприладів

[https://ecovolt.ru/articles/spravohnaya_informatsiya/energopotreblenie_bytovykh_priborov/]

Проте, всі ці електроприлади майже ніколи не споживають повну потужність одночасно. Потрібно знайти приблизне значення середнього часу використання електроприладу за день^[https://dp.informator.ua/2017/01/03/vo-skolko-obhodyatsya-domashnie-pribory-chto-potreblyaet-bolshe-vsego-energii-foto]. Результати досліджень зведено у Таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок енерговитрат на стандартні побутові електроприлади (Вт).

Електроприлад	Потужність (Вт)	Середній час використання (год.)	Загальна кількість спожитої електроенергії (Вт·год)
Фен для волосся	600	0.5	300
Праска	1500	0.7	1050
Електроплита	5000	0.6*	3000
Тостер	700	0.2	140
Кавоварка	1200	0.6	720
Порохотяг	1200	0.27	324
Телевізор	300	2	600
Холодильник	350	24	8400
Духова шафа	1000	0.5	500
Мікрохвильова піч	900	0.5	450
Комп'ютер	400	6	2400
Електричний чайник	600	0.7	420
Електричні лампи х6	75	6	450
Насоси	900	6	5400
Резервний водонагрівач	2000	1	2000
Сумарно	14825	49.57	26154

* – випадок, коли потужність використовується не в повній мірі

Перейдемо до розрахунків, яку кількість електроенергії було б затрачено на опалення та гаряче водопостачання, якби в будинку не використовувалася запропонована система [\[https://wpcalc.com/moshhnost-kotla/\]](https://wpcalc.com/moshhnost-kotla/). Якщо врахувати, що приміщення має 4 стіни, що виходять назовні, необхідна температура приміщення становить 21 °С, середня зовнішня температура, яку ми для холодного періоду року приймаємо для простоти 0 °С, вентиляція відсутня, висота стелі – 2.5 метрів, 1 поверх, перекриття вище є горищем, під підлогою фундамент, матеріал та товщина зовнішніх стін – 3 цеглини (76 см), три вікна висотою 1.41 м та шириною 1.35 м.

Для таких параметрів орієнтована потужність котла складає 5 кВт. В залежності від ціни, ККД такого котла може становити 95-98% [\[https://aw-therm.com.ua/elektrokotly-v-shemah-otopleniya-i-gvs/\]](https://aw-therm.com.ua/elektrokotly-v-shemah-otopleniya-i-gvs/). Це означає, що, використовуючи дані по тепловтратам за день, можна розрахувати середнє значення кількості електроенергії, що була затрачена на виробництво тепла для всього опалювального сезону. Проте існує спрощення розрахунків, таблиця, за допомогою якої можна визначити середню кількість електроенергії, витраченої пристроєм за годину часу [\[https://ks5.ru/otoplenie/kotly/elektricheskie/skolko-potrebyaet.html\]](https://ks5.ru/otoplenie/kotly/elektricheskie/skolko-potrebyaet.html). Сутність ідеї полягає в тому, що обігрів системи опалення є непостійним.

Для котла з підігрівом у вигляді трубчастого електронагрівника:

$$Q = 2.1 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарне енергоспоживання дому без системи з сонячних колекторів в середньому в період опалення становить:

$$A = 2.1 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 24 + 26154 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 76554 \text{ Вт} \cdot \text{год},$$

де A – сумарне енергоспоживання дому без системи з сонячних колекторів в середньому в період опалення.

Необхідно розрахувати вартісні показники системи, побудованої з використанням методики. Для цього буде підібране обладнання, яке може бути використаним для енергозабезпечення і розрахована його вартість (Таблиця 2.9). Далі буде розрахована вартість забезпечення енергопостачання виключно електроенергією з централізованого

джерела https://kyivenergo.ua/ru/dtek_kem_home/tarifi_home. Після цього будуть проведені розрахунки періоду окупності системи.

Дані з таблиці були отримані з джерел
[http://avante.com.ua/catalog/kollektor_solnechnyy_iz_vakuumnykh_trub_atmosfera_cbk_twin_power-20-03928/

<http://www.profik.com.ua/dvigatel-stirlinga-i-gazovyj-kotyl-vitotwin-300-w-alternativnyi-istochnik-elektroenergii-poluchenie-elektrichstva-iz-gaza-samyj-luchshij-gazovyj-generator/> <https://altec.in.ua/products/setevaya-solnechnaya-elektrostantsiya-dlya-doma-10-kvt-variant-11-detail>.

Таблиця 2.9 – Розрахунок вартості обладнання, яке може бути використаним для енергозабезпечення.

Потрібне супутнє обладнання	Кількість одиниць	Загальна вартість обладнання (грн)
Вакуумний сонячний колектор Atmosfera Twin Power	15	323400
Бак-акумулятор теплової енергії Atmosfera, 200 л	1	16000
Контролер заряду для сонячних систем СК91	1	3390
Насосна група, 3/4" 2-12 l/min Grundfos Solar 15-65	2	8900
Двигун Стірлінга Vitotvin 5000-w	1	18000
Акумуляторна батарея Siap pzs 4 aph420	4	20300
Гібридний інвертор Abi Solar 5 HT	1	35000
Лічильник NP-07 1F.1SM-U PLC(FSK), ADD	1	2300
Контролер МІК-127	1	5600
Панель керування	1	8900
Сумарно		441790

Вартість забезпечення енергопостачання виключно електроенергією з централізованого джерела розраховується за формулою:

$$\Sigma_{\text{сумарна}} = \sum_{\text{рік}} A \cdot S_{\text{вартість}} \cdot k_{\text{опалення}} = 76554 \cdot 365 \cdot 0.00168 \cdot \frac{160}{365} \cdot 1.03 = 46942.91 \text{ грн},$$

де $\Sigma_{\text{сумарна}}$ – повна вартість енергозабезпечення з використанням електроенергії, A – сумарне енергоспоживання дому без системи з сонячних колекторів в середньому в період опалення, $k_{\text{опалення}}$ – коефіцієнт, який залежить від тривалості опалювального сезону і частки кількості необхідної теплової енергії для нагріву води відносно кількості необхідної теплової енергії для опалення, $S_{\text{вартість}}$ – вартість одного вату електроенергії, що була придбана у «УкрЕнерго».

При цьому, для системи альтернативного енергопостачання сумарна витрачена енергія за день є меншою і надлишкова електрична енергія продається в централізовану мережу за «зеленим тарифом» [http://uare.com.ua/novyny/388-nkrekp-vstanovila-zeleni-tarifi-dlya-privatnikh-domogospodarstv.html], 18 євроцентів/кВт·год (5.66 грн на 18.12.2018). В такому разі, сумарна вигода розраховується за формулою:

$$\Sigma_{\text{вигода}} = \Sigma_{\text{сумарна}} - \Sigma_{\text{пристрої}} + \Sigma_{\text{тариф}},$$

де $\Sigma_{\text{пристрої}}$ – це вартість енергопостачання на побутові пристрої, $\Sigma_{\text{тариф}}$ – вартість електроенергії, що була згенерована і продана за «зеленим тарифом».

$$\Sigma_{\text{тариф}} = \sum_{\text{рік}} A_{\text{зген}} \cdot S_{\text{тариф}} = 40 \cdot 365 \cdot 5.66 = 82636 \text{ грн},$$

де, $\sum_{\text{рік}} A_{\text{зген}}$ – сумарна кількість згенерованої електроенергії, яка може бути проданою, $S_{\text{тариф}}$ – «зелений тариф».

$$\Sigma_{\text{вигода}} = 46942.91 - 16037.63 + 82636 = 113541.28 \text{ грн}.$$

Звідси випливає, що період окупності складає:

$$\frac{441790}{113541.28} = 3.89 \text{ року}.$$

2.3 Програмна реалізація моделі системи альтернативного енергопостачання житла

Для розглянутої вище методики є зауваження: значення параметрів системи є статичним і незмінним. Для того, щоб ширше розкрити тему, логічним було б створити програмний продукт, який дозволяє проводити розрахунки за формулами використовуючи дані, що були введені користувачем. По перше, програмний скрипт може розраховувати потужність двигуна Стірлінга для того, щоб визначити межі ефективності системи. По-друге, можливість до виробництва електроенергії через генератор електричного струму прямо залежить від коефіцієнта корисної дії двигуна Стірлінга. По-третє і найважливіше, від кількості енергії сонячного випромінювання залежить потужність сонячного колектора і, в результаті, вихід системи в тому разі, якщо вся теплова енергія віддається на нагрівач двигуна Стірлінга.

Крім того, так як одним з завдань даної магістерської дисертації є розроблення стартап-проекту, то програмний продукт по дослідженню ефективності компонентів так само необхідний для роботи підприємства. Одною з послуг підприємства є вибір супутнього обладнання для системи альтернативного енергопостачання житла і розроблені скрипти дають уявлення про допоміжний сервіс, яким користуються менеджери компанії для роботи з клієнтами і який у спрощеному вигляді знаходиться на сайті компанії, де ним може скористатися будь-який бажаючий.

Користувач отримує інструмент для розрахунку основних параметрів. До складу програмної реалізації розрахунків параметрів входить програма для розрахунку потужності двигуна Стірлінга, програма для розрахунку коефіцієнта корисної дії двигуна Стірлінга, програма для розрахунку потужності енергопостачання в результаті роботи системи. Лістинги програм для розрахунку потужності двигуна Стірлінга та коефіцієнта корисної дії двигуна Стірлінга наведені у Додатку Б, лістинг програми для розрахунку потужності енергопостачання в результаті роботи системи наведений у Додатку В. Таблиця розрахованих параметрів за допомогою програмного засобу

будується для того, щоб наглядно продемонструвати, як програмний засіб з вхідних даних обчислює вихідні дані. На Таблиці 2.9-2.11 демонструються розраховані параметри для кожного програмного засобу.

а) Програма для розрахунку потужності двигуна Стірлінга.

Скрипт підтримує отримання даних від користувача і виведення результату на екран. Лістинг програми наведений далі:

```
prompt = 'Enter the operating pressure (Atm): ';
P1 = input(prompt);
prompt = 'Enter the engine capacity (Litre): ';
V1 = input(prompt);
prompt = 'Enter the heater temperature (Celsius): ';
T2 = input(prompt);
prompt = 'Enter the refrigerator temperature (Celsius): ';
T1 = input(prompt);
prompt = 'Useful work for one cycle of engine (J): ';
A=0.37*P1*V1*(T2-T1)*log((T2+273)/(T1+273));
disp(prompt);
disp(A);
prompt = 'Power of engine with 12 cycles per second (W): ';
disp(prompt);
Wat=12*A;
disp(Wat);
```

Результати роботи програми зображено на Рисунку 2.10:

```
Enter the operating pressure (Atm): 10
Enter the engine capacity (Litre): 5
Enter the heater temperature (Celsius): 90
Enter the refrigerator temperature (Celsius): 10
Useful work for one cycle of engine (J):
    368.4548

Power of engine with 12 cycles per second (W):
    4.4215e+03
```

```

Enter the operating pressure (Atm): 1
Enter the engine capacity (Litre): 2
Enter the heater temperature (Celsius): 150
Enter the refrigerator temperature (Celsius): 30
Useful work for one cycle of engine (J):
    29.6272

Power of engine with 12 cycles per second (W):
    355.5261

Enter the operating pressure (Atm): 10
Enter the engine capacity (Litre): 5
Enter the heater temperature (Celsius): 1000
Enter the refrigerator temperature (Celsius): -30
Useful work for one cycle of engine (J):
    3.1556e+04

Power of engine with 12 cycles per second (W):
    3.7868e+05

```

Рисунок 2.10 – Командний рядок в результаті виконання скрипта

Таблиця 2.9 – Розраховані параметри за допомогою програмного засобу

Робочий тиск (атм)	1	15	140
Об'єм двигуна (Л)	2	10	0.16
Температура нагрівача (°C)	180	800	300
Температура холодильника (°C)	0	90	40
Корисна робота за один цикл (Дж)	67.455	42708	1303
Потужність двигуна (Вт)	809.462	512490	15636

б) Програма для розрахунку коефіцієнта корисної дії двигуна Стірлінга

Лістинг програми наведений далі:

```

prompt = 'Energy conversion efficiency for ideal Stirling engine.
Enter the heater temperature (Celsius): ';
T2 = input(prompt);
prompt = 'Enter the refrigerator temperature (Celsius): ';
T1 = input(prompt);
prompt = 'Energy conversion efficiency (%): ';

```

```
ECE=(T2-T1) / (T2+273) *100;
disp(prompt);
disp(ECE);
```

Результати роботи програми зображено на рисунку 2.11:

```
Energy conversion efficiency for ideal Stirling engine. Enter the heater temperature (Celsius): 100
Enter the refrigerator temperature (Celsius): 20
Energy conversion efficiency (%):
21.4477
```

```
Energy conversion efficiency for ideal Stirling engine. Enter the heater temperature (Celsius): 1000
Enter the refrigerator temperature (Celsius): -30
Energy conversion efficiency (%):
80.9112
```

```
Energy conversion efficiency for ideal Stirling engine. Enter the heater temperature (Celsius): 60
Enter the refrigerator temperature (Celsius): 10
Energy conversion efficiency (%):
15.0150
```

Рисунок 2.11 – Командний рядок в результаті виконання скрипта

Таблиця 2.10 – Розраховані параметри за допомогою програмного засобу

Температура нагрівача (°C)	5	30	500
Температура холодильника (°C)	-25	0	-182
ККД (%)	10.791	9.901	88.228

в) Програма для розрахунку потужності енергопостачання в результаті роботи системи.

Лістинг програми зображений далі:

```
prompt = 'Enter the month: ';
Mon = input(prompt, 's');
if strcmp('January', Mon)==1
    Usun=1.25;
elseif strcmp('February', Mon)==1
    Usun=2.06;
elseif strcmp('March', Mon)==1
```

```

        Usun=3.04;
elseif strcmp('April',Mon)==1
        Usun=4.37;
elseif strcmp('May',Mon)==1
        Usun=5.59;
elseif strcmp('June',Mon)==1
        Usun=5.88;
elseif strcmp('July',Mon)==1
        Usun=6.05;
elseif strcmp('August',Mon)==1
        Usun=5.31;
elseif strcmp('Semtember',Mon)==1
        Usun=3.86;
elseif strcmp('October',Mon)==1
        Usun=2.46;
elseif strcmp('November',Mon)==1
        Usun=1.35;
elseif strcmp('December',Mon)==1
        Usun=1.01;
else disp('Entered data is invalid')
end
prompt = 'Enter the number of SC panels: ';
Num = input(prompt);
prompt = 'Stirling engine power (W): ';
Pow = input(prompt);
prompt = 'Enter the temperature of outer space (Celsius): ';
T1 = input(prompt);
ECE=(90-T1)/363*100;
prompt = 'Electrical energy created (kW*h): ';
if Pow>ECE*Usun/1000
ACDC=ECE*Usun;
else ACDC=Pow;
end

```

```
disp(prompt);
```

```
disp(ACDC);
```

Результати роботи програми зображено на рисунку 2.12:

```
Enter the month: June
Enter the number of SC panels: 9
Stirling engine power (W): 1200
Enter the temperature of outer space (Celsius): 23
Electrical energy created (kW*h):
108.5289

Enter the month: February
Enter the number of SC panels: 15
Stirling engine power (W): 5000
Enter the temperature of outer space (Celsius): -5
Electrical energy created (kW*h):
53.9118

Enter the month: October
Enter the number of SC panels: 12
Stirling engine power (W): 1000
Enter the temperature of outer space (Celsius): 12
Electrical energy created (kW*h):
52.8595
```

Рисунок 2.12 – Командний рядок в результаті виконання скрипта

Таблиця 2.11 – Розраховані параметри за допомогою програмного засобу

Місяць року	Квітень	Лютий	Липень
Температура навколишнього середовища (°C)	6	-7	+40
Кількість панелей сонячного колектору	9	3	15
Потужність двигуна Стірлінга (Вт)	2000	1000	9000
Кількість електроенергії створено за день (кВт·год)	101.124	55.047	83.333

В результаті роботи над підрозділом було оформлено три прототипи програмного продукту, який може бути використаний для надання послуг користувачам і потенційним клієнтам системи. Ефективність системи лінійно зростає разом з зростанням кількісних та якісних характеристик обладнання.

3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛА

3.1 Розроблення схеми електричної структурної системи альтернативного енергопостачання житла

Структурна схема — це схема, задачею якої є визначення основних частин виробу та їх призначення, взаємозв'язки один з одним. В магістерській дисертації була розроблена структурна схема системи альтернативного енергопостачання житла (Рисунок 3.1). На структурній схемі зображені основні вузли проекту, логічні та фізичні зв'язки між ними. Основними видами зв'язків на схемі є «зв'язок руху теплоносія», «зв'язок передачі сигналу», «зв'язок передачі електричного струму». Всі елементи системи є рівноцінні між собою. В системі реалізоване керування клапаном, який відповідає за рух теплоносія з використанням принципу регулювання за відхиленням. Деякі блоки є логічними, деякі блоки є фізичними пристроями. Сутність цих блоків розкрита на функціональній схемі. В структурній схемі є позначення змісту зв'язків. Існують зв'язки між елементами, які означають фізичне переміщення речовини, крім того є зв'язки, що позначають переміщення сигналу з використанням логічних умов.

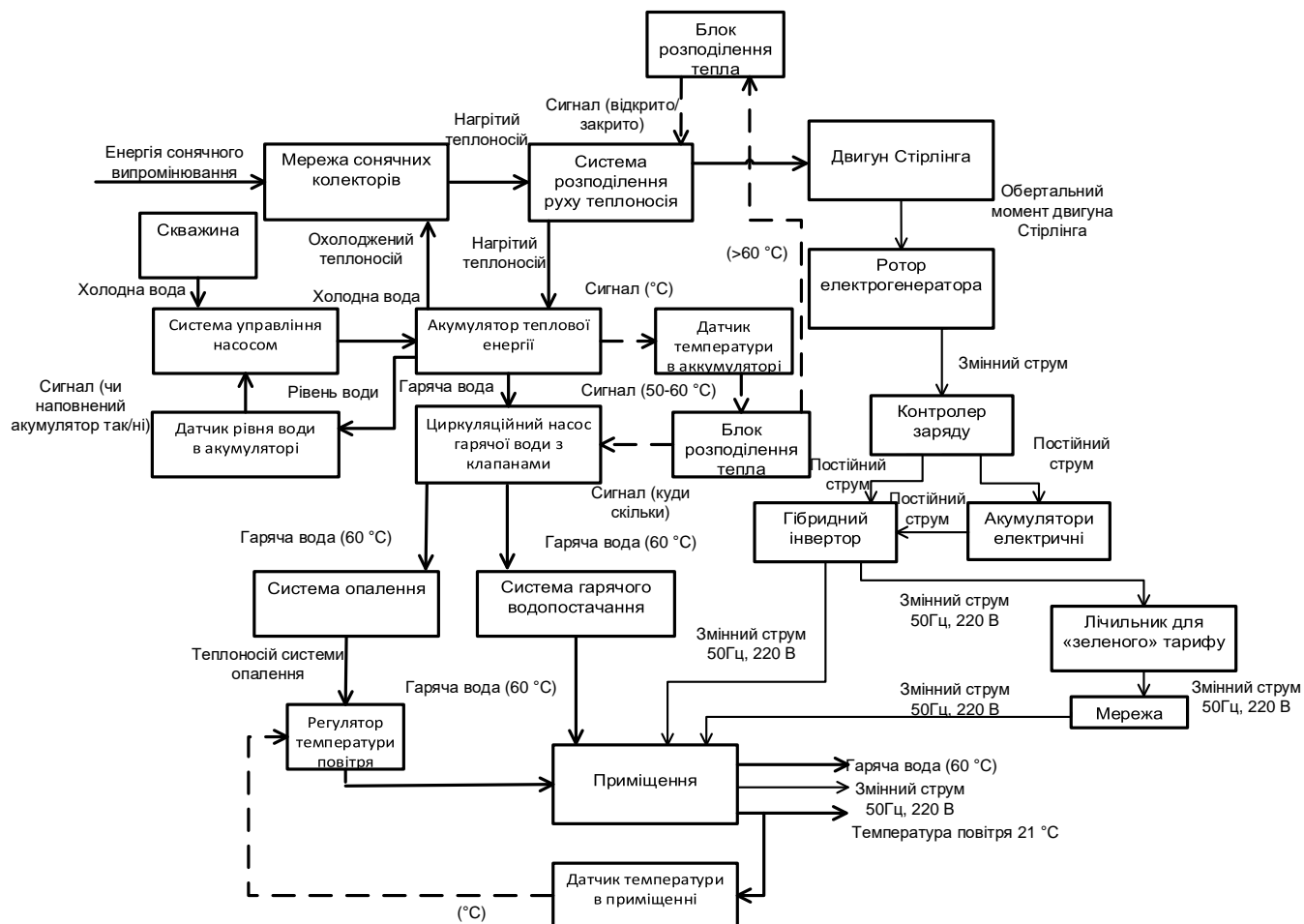


Рисунок 3.1 – Загальна структурна схема системи альтернативного енергопостачання житла

Умовні позначення основних видів логічних і фізичних зв'язків на схемі електричній структурній зображені на рисунку 3.2:

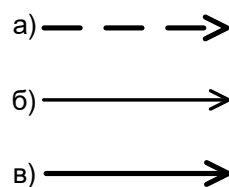


Рисунок 3.2 – Умовні позначення основних видів зв'язків

Зв'язок (а) – це зв'язок передачі сигналу. Через зв'язки цього типу передаються команди та дані, які інтерпретуються системою управління, блоками розподілення та регулятором. Зв'язки передачі сигналу мають високу важливість для системи, так як передача даних між функціональними вузлами тримає систему в цілісності та дозволяє керувати логікою процесів.

Зв'язок (б) – це зв'язок передачі електричного струму. Через зв'язки цього типу передається напруга електричного струму. Зв'язки передачі електричного струму дозволяють відокремити процес електричної взаємодії у системі від інших видів передачі енергії.

Зв'язок (в) – це зв'язок руху теплоносія. Цей зв'язок є загальним для даної системи. Через зв'язки цього типу передається теплоносій у вигляді води, супутні теплоносії. Крім того, будь-яке переміщення енергії, що не є електричною, можна зобразити за допомогою цих зв'язків. Подібна універсальність дозволяє спростити розуміння схеми електричної структурної системи альтернативного енергопостачання житла.

Дана загальна схема містить в собі опис комбінованої системи, яка має зв'язки між елементами трьох типів та блоки, що містять в собі логіку роботи системи альтернативного енергозабезпечення житла. Прийнято рішення на базі загальної електричної структурної схеми системи побудувати дві структурні схеми, одна з яких описує передачу електричного струму, а друга рух теплоносія. Крім цього, передача сигналу в системі буде більш розгорнуто розглянута в розділі під номером 4 «Розроблення алгоритму роботи системи альтернативного енергопостачання житла».

Схема електрична структурна системи забезпечення житла електроенергією була розроблена для представлення структури одної з основних сторін системи енергопостачання житла – блоків перетворення теплової енергії в електричну та її розподілення по споживачам. Дана схема зображена на рисунку 3.3 і виноситься в додаток Г.

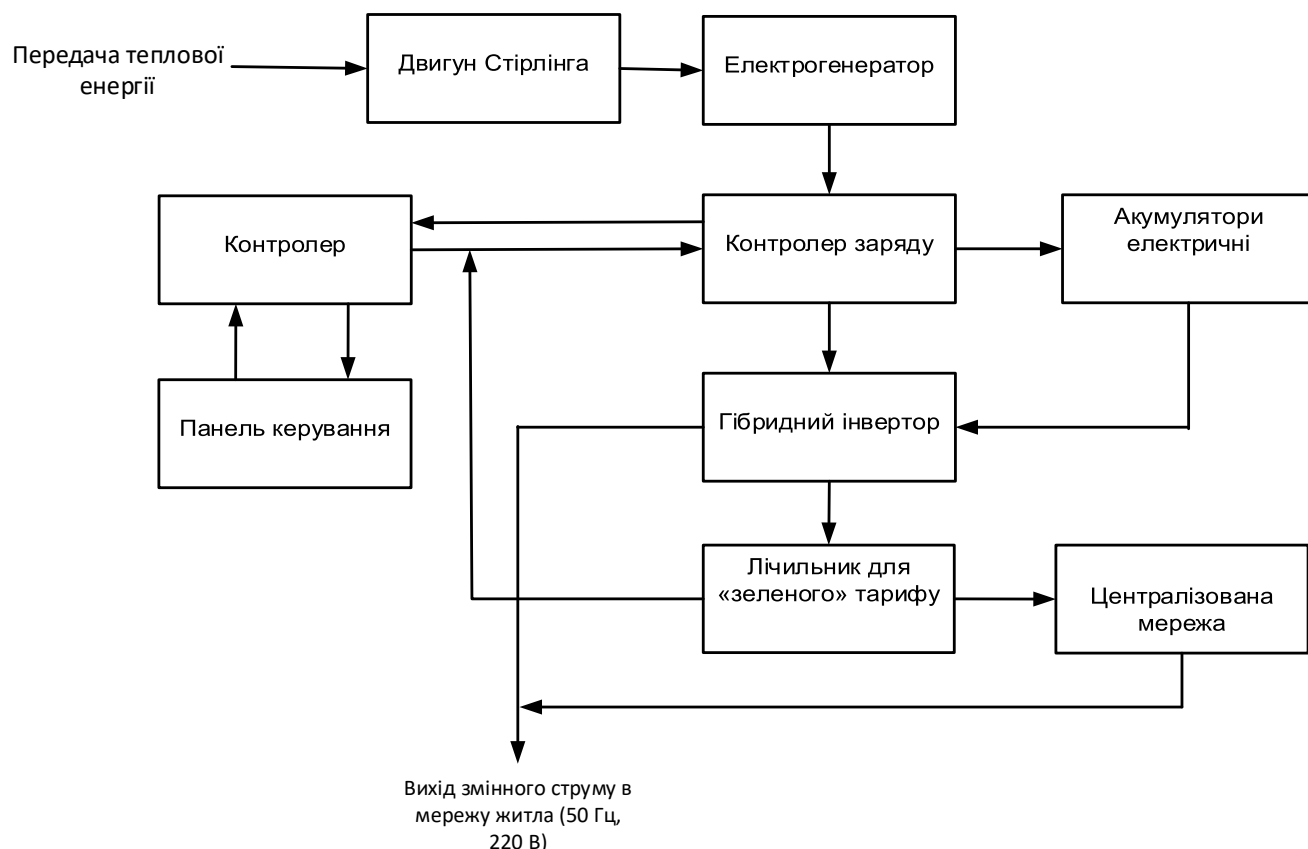


Рисунок 3.3 – Схема електрична структурна системи забезпечення житла електроенергією

Відповідно електричної структурної схеми на двигун Стірлінга йде передача теплової енергії. Двигун Стірлінга розпочинає роботу і передає механічну енергію на електрогенератор, що пов'язаний з контролером заряду і передає на нього змінний струм. Контролер передає постійний струм на електричні акумулятори або на гібридний інвертор, в залежності від плану живлення, який передає контролер на контролер заряду. Панель керування отримує від користувача вхідні дані, передає їх на контролер і виводить вихідні дані системи користувачу. Контролер заряду надсилає на контролер поточні параметричні значення системи. Гібридний інвертор передає на лічильник для «зеленого» тарифу та в мережу житла змінний струм (50 Гц, 220 В). В свою чергу, через лічильник електроенергія може продаватися в мережу централізованого енергопостачання. Крім того, при недостатці потужності електроенергії в мережі

живлення житла, електроенергія з централізованої мережі передається на пристрої живлення житла. Лічильник надсилає дані на контролер.

Структурна схема системи енергопостачання була розроблена для представлення структури частини системи, що відповідає за перенесення енергії та теплоносіїв. Дана схема зображена на рисунку 3.4.

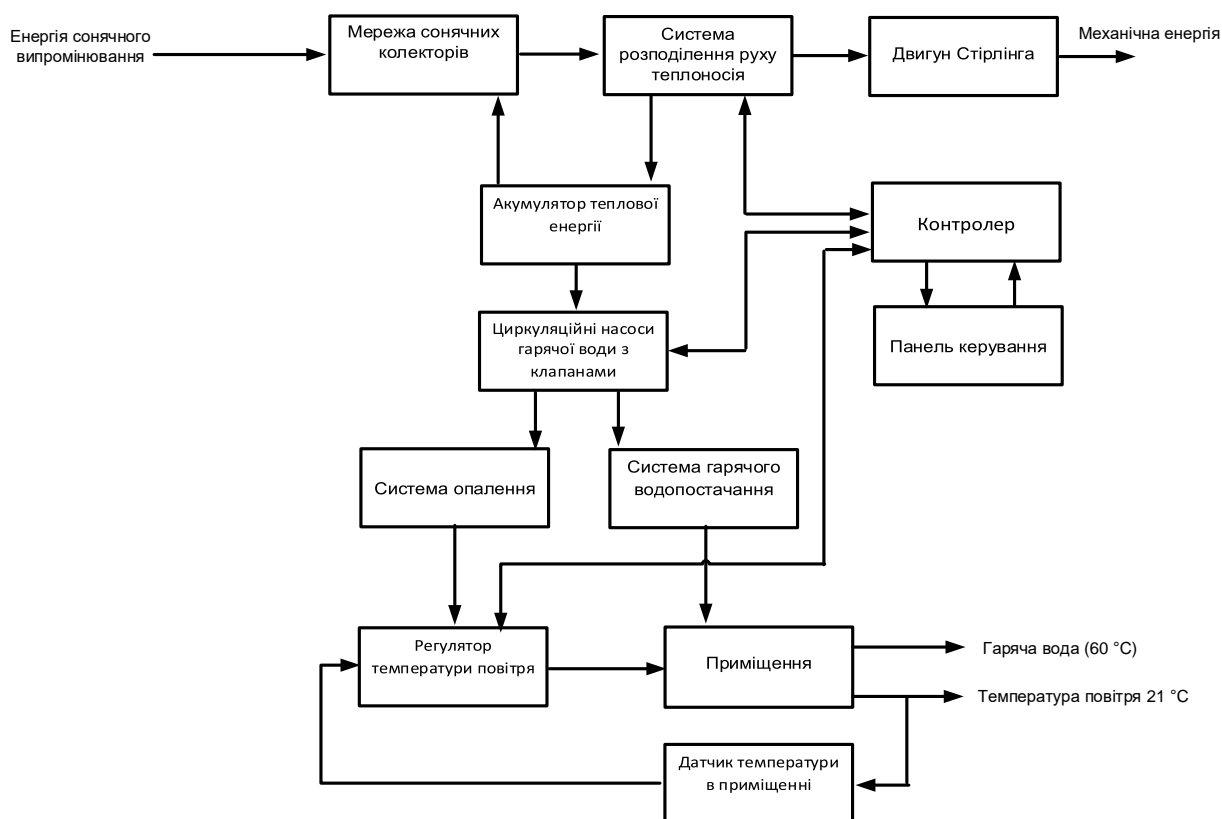


Рисунок 3.4 – Структурна схема системи енергопостачання

Структурна схема системи енергопостачання складається з мережі сонячних колекторів, яка отримує енергію сонячного випромінювання і передає теплоносіїв на систему розподілення руху теплоносія, що передає теплову енергію на акумулятор теплової енергії та двигун Стірлінга, який створює механічну енергію. З акумулятора циркуляційні насоси гарячої води з клапанами відправляють нагріту воду на систему опалення та систему гарячого водопостачання. Процес керується контролером.

3.2 Розроблення схеми електричної функціональної системи альтернативного енергопостачання житла

В магістерській дисертації на базі структурної схеми була спроектована та побудована функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла (Рисунок 3.5). На функціональній схемі зображені пристрої, що виконують певні операції та зв'язки між ними, по яким передаються дані у аналоговому та цифровому вигляді та фізичні речовини. На функціональній схемі всі зв'язки між функціональними пристроями є рівноцінними. Біля зв'язку підписано, що саме передається. Функціональні елементи системи позначають відповідні цифрові та аналогові пристрої. В системі використовується контролер, який приймає дані з датчиків, приймає рішення щодо необхідності проведення тих чи інших змін в стані функціональних елементів і передає керуючий вплив на ці елементи. Для перетворення аналогового сигналу в цифровий і цифрового в аналоговий, відповідно, використовуються аналогово-цифрові перетворювачі та (цифро-аналогові перетворювачі). Система поділяється на функціональні блоки: блок прийому енергії сонячного випромінювання, блок розподілення води, блок перетворення теплової енергії в електричну, блок розподілення електроенергії, блок опалення приміщення.

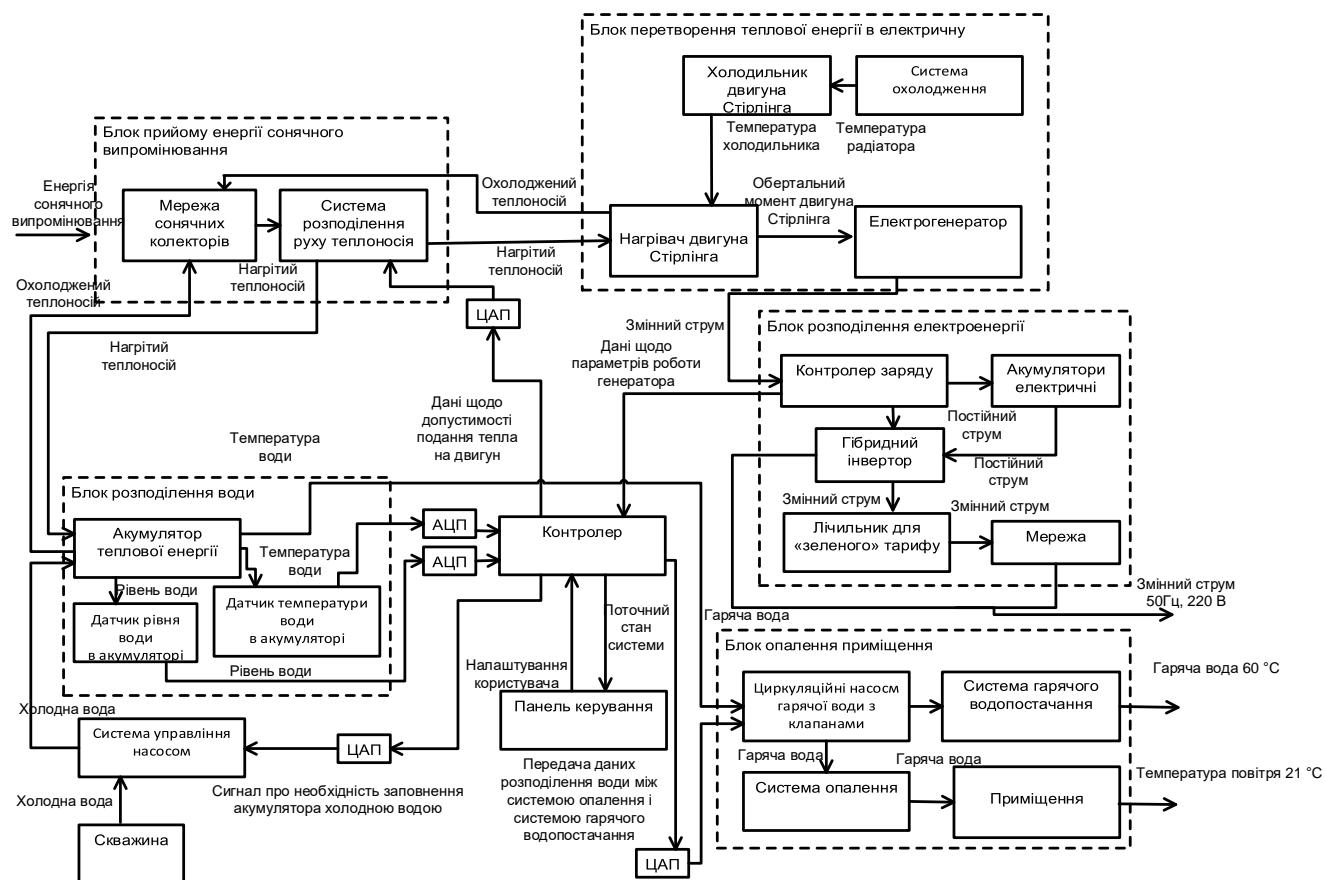


Рисунок 3.5 – Функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла

Для того, щоб описати роботу функціональної схеми, була розроблена узагальнена функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла (Рисунок 3.6). На спрощеній схемі зображені лише основні функціональні блоки і зв'язки між ними. За допомогою спрощеної схеми можна просто прослідкувати, яким чином функціонує система.

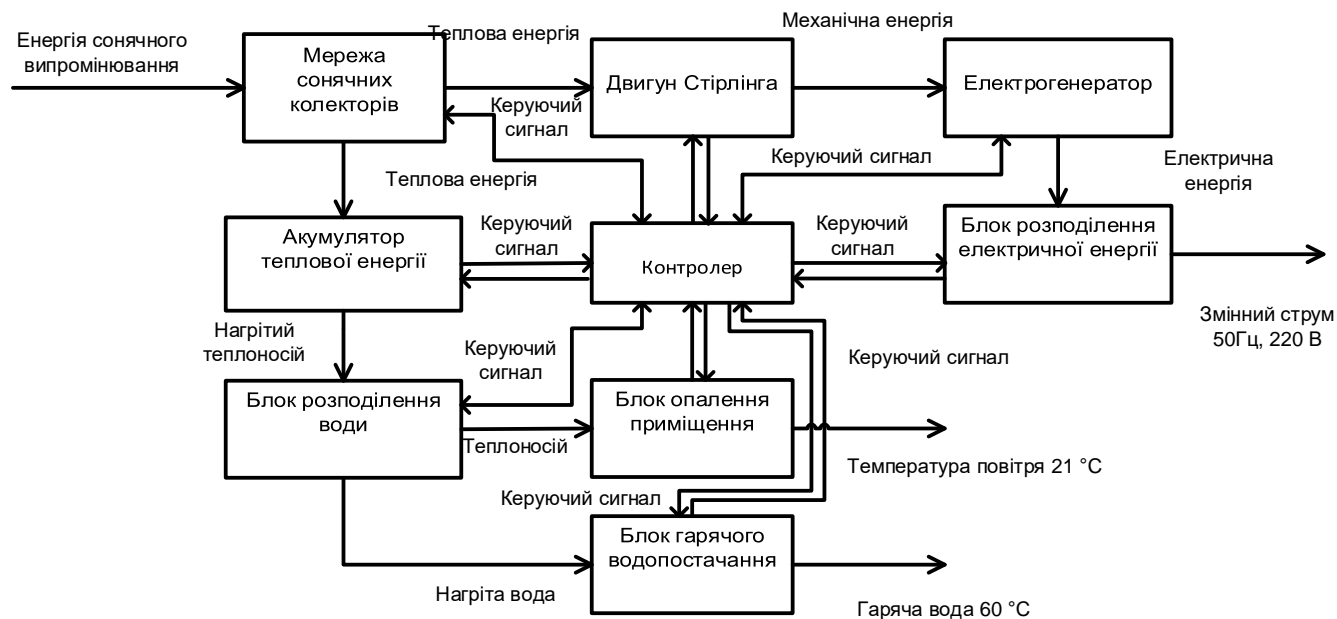


Рисунок 3.6 – Узагальнена функціональна схема роботи системи

Енергія сонячного випромінювання у вигляді сонячних променів проходить скрізь атмосферу землі і поглинається абсорбером в трубці вакуумного сонячного колектора, що належить до мережі сонячних колекторів. Теплоносій, що циркулює в трубці, нагрівається до точки кипіння води, теплова енергія потрапляє в систему розподілення теплоносія, звідки передається або на двигун Стірлінга, або на акумулятор теплової енергії, в залежності від команди контролера. Двигун Стірлінга перетворює механічну енергію в електричну за допомогою електрогенератора. Електрична енергія передається на блок розподілення електроенергії, де, в залежності від поточного енергоживлення житла та кількості енергії сонячного випромінювання видається змінний струм 50 Гц, 220 В. Якщо контролер приймає рішення про передачу теплової енергії в акумулятор теплової енергії, то система розподілення руху теплоносія перекриває подачу теплоносія на двигун Стірлінга і передає енергію на замкнутий контур, зв'язаний з акумулятором. Теплоносій в акумуляторі нагрівається і передається на блок розподілення води. Контролер керує блоком – теплоносій надходить в блок опалення приміщення, де

циркуляція води, керована контролером, нагріває приміщення до необхідної температури (по замовчуванню 21 °С); нагріта вода надходить на блок гарячого водопостачання, де вода з температурою по замовчуванню в 60 °С надходить до користувача.

Функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла має за свою основу контролер, який зв'язаний з панеллю керування, від якої контролер отримує налаштування користувача і на яку передає поточний стан системи. Через ЦАП на систему розподілення руху теплоносія передаються дані щодо допустимості подання тепла на двигун. Після того, як енергія сонячного випромінювання потрапляє на блок прийому енергії сонячного випромінювання, нагрітий теплоносієм мережі сонячних колекторів передає тепло або нагрівачу двигуна Стірлінга, або акумулятору теплової енергії через змішувач. Охолоджений теплоносієм повертається в блок прийому енергії сонячного випромінювання. Нагрівач двигуна Стірлінга – це частина циліндру двигуна, яка отримує тепло через теплопровідні трубки з теплоносієм і через стінку циліндру нагріває робочий газ. Для функціонування двигуна, необхідна знижена температура в іншій функціональній частині циліндру. Система охолодження передає температуру радіатора на холодильник двигуна і в результаті створюється обертальний момент, що крутить ротор електрогенератора. Таким чином, блок перетворення теплової енергії в електричну створює змінний струм, який потрапляє на блок розподілення електроенергії. Контролер заряду передає контролеру стан щодо параметрів роботи блоків розподілення електроенергії і перетворення теплової енергії в електричну. Змінний струм, що передається з електрогенератора, є нестабільним і тому його не можна використовувати для живлення. Контролер заряду перетворює змінний струм в постійний і подає його на акумулятори електричні та/або на гібридний інвертор, в залежності від необхідності живлення мережі дому сонячним колектором. Коли є потреба використати збережену акумуляторами енергію, постійний струм з них подається на гібридний інвертор, який перетворює постійний струм в змінний струм 50

Гц, 220 В і передає його або в систему енергопостачання житла, або передає через лічильник «зеленого тарифу» до централізованої мережі.

Акумулятор теплової енергії має датчики температури води і рівня води. Дані з датчиків зчитуються, перетворюються з аналогових даних в цифрові і передаються на контролер. В свою чергу, контролер передає на систему управління насосом (в процесі перетворюючи цифровий сигнал на аналоговий) сигнал про необхідність заповнення акумулятора холодною водою, враховуючи дані з датчика рівня. Система управління насосом отримує холодну воду зі скважини і передає певну кількість води акумулятору теплової енергії.

Контролер передає дані розподілення води між системою опалення і системою гарячого водопостачання на циркуляційні насоси гарячої води з клапанами (з перетворенням цифрового сигналу в аналоговий), який є частиною блоку опалення приміщення. Насоси передають гарячу воду в систему гарячого водопостачання та в замкнену систему опалення в пропорції, що визначена даними з контролеру. Гаряча вода передає тепло приміщенню, в результаті нагріваючи його до заданої температури (21 °C). Гаряче водопостачання отримує гарячу воду заданої температури (60 °C).

Функціональна схема системи альтернативного енергопостачання житла розміщена в додатку Г. Узагальнена функціональна схема роботи системи розміщена в додатку Д.

Для того, щоб в повній мірі розкрити зміст функціональної схеми, перейдемо до перегляду функціональних блоків окремо:

а) Блок прийому енергії сонячного випромінювання:

Цей блок складається з двох елементів, з мережі сонячних колекторів або сонячного колектора, що має деяку кількість панелей та з системи розподілення руху теплоносія.

Сонячні колектори вмонтовані на дах будинку або на простір, що знаходиться перед будинком (Рисунок 3.7) . Для системи обрані вакуумні сонячні колектори. Колектори напрямлені на південь і, в ідеалі, знаходяться під кутом 34 °C до горизонту. До колекторів підключені теплоізольовані трубки, якими під дією циркуляційного насоса

нагрітий теплоносієй направляється в житло і охолоджений теплоносієй повертається в вакуумні трубки колектору.



Рисунок 3.7 – Приклад зовнішнього вигляду встановленого сонячного колектора []

Система розподілення руху теплоносія – це система, яка поєднує два замкнуті контури і клапан, який відокремлює один замкнутий контур руху теплоносія з сонячної панелі до двигуна Стірлінга від іншого, який з'єднує перший контур з акумулятором теплової енергії; також цей клапан приєднаний до сервоприводу, який відкриває і закриває клапан отримуючи сигнал з контролера.

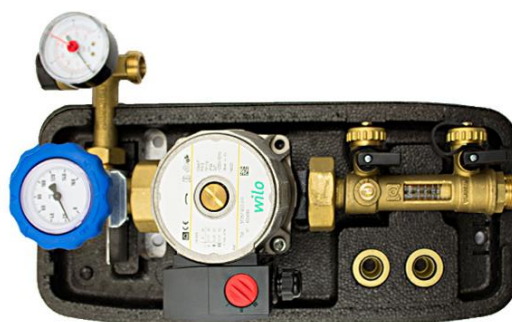


Рисунок 3.8 – Приклад зовнішнього вигляду системи розподілення руху теплоносія

[<https://solar-tech.com.ua/ua/solar-power-system/pump-stations/odnokonturnaya-nasosnaya-gruppa-wilo-star-st-25-6-eco-3-4-hp.html>]

б) Блок розподілення води:

Цей блок складається з трьох елементів: з акумулятора теплової енергії та з датчиків рівня води в акумуляторі та температури.

Акумулятор теплової енергії – пристрій, що забезпечує оборотні процеси накопичення, зберігання і віддавання теплової енергії відповідно до вимог споживача. В даному випадку, це теплоізований бак об'ємом в 200 літрів, який нагрівається через конвекцію з тепла, яке передає контур сонячного колектора та передає теплову енергію разом з власним теплоносієм до системи опалення та системи гарячого водопостачання. Теплоносій при цьому витрачається, тому розраховано, що додаткова вода набирається в акумулятор зі скважини автоматично.



Рисунок 3.9 – Приклад зовнішнього вигляду акумулятора теплової енергії [https://aw-therm.com.ua/akumulyatori-tepla-bud-yakoyi-skladnosti/]

Датчики рівня води та температури (Рисунок 3.10), що використовуються в системах автоматичного управління, мають основі роботи принцип перетворення вимірюваної температури та рівня води в електричну величину. У поплавков датчиків вмонтований постійний магніт, а в штоку датчика, по якому переміщається поплавок, вбудований геркон.

Коли поплавок занурюється в рідину, він починає переміщатися по штоку, викликаючи спрацьовування геркона і датчик таким чином сигналізує про досягнення рідиною граничного рівня^[<http://www.roskip.ru/Poplavkovye-datchiki-urovnya-PDU-T#ustanovka>].

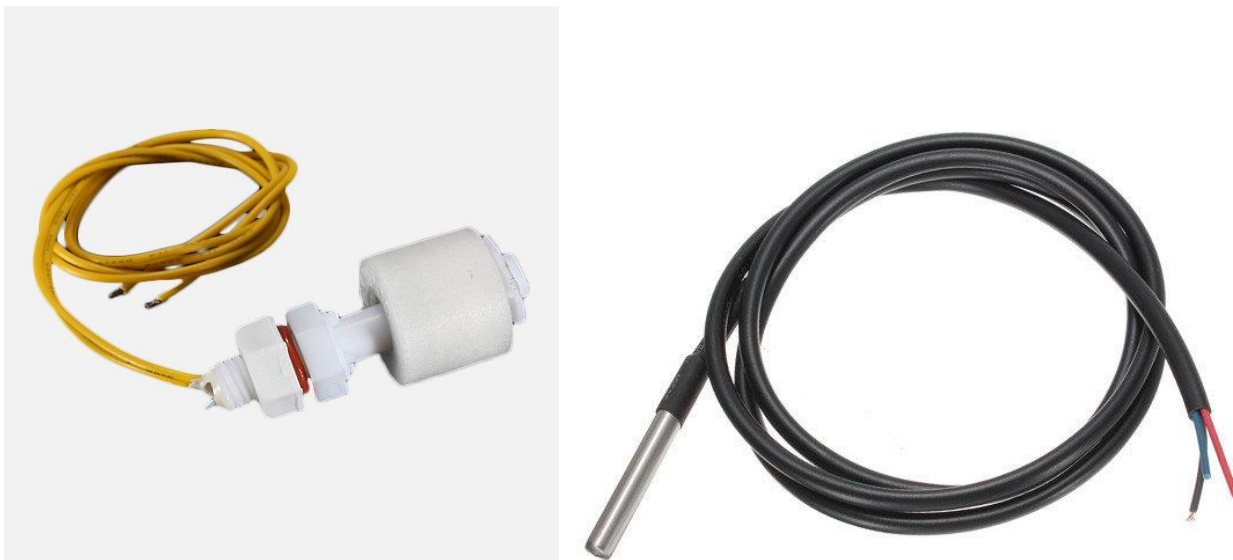


Рисунок 3.10 – Приклад зовнішнього вигляду датчиків рівня води та температури води

[<http://greenchip.com.ua/0-0-286-1.html>]

в) Блок розподілення електроенергії:

Цей блок складається з п'яти елементів: з контролеру заряду, електричних акумуляторів, гібридного інвертору, лічильника для «Зеленого тарифу»:

Контролер заряду акумулятора – пристрій, який контролює процес заряд-розряду сонячного акумулятора (Рисунок 3.11). Майже кожна система автономного електричного живлення має в складі акумуляторні батареї, які потрібно постійно заряджати. Контролер заряду акумулятора виконує функцію подачі на акумулятор струму більшого, ніж струм саморозряду, для компенсації саморозряду акумулятора, але меншого струму, ніж максимальний струм заряду, для запобігання пошкодження акумулятора.

Система енергопостачання перетворюють сонячну енергію в електричну енергію постійного струму, яка, проходячи через контролер заряду акумулятора Altek ACM 2024 накопичується в акумуляторних батареях і, потім, перетворюючись інвертором, з

постійного струму напругою 12/24 Вольт в змінний з напругою 220 Вольт, подається на навантаження. Контролер заряду акумулятора істотно підвищує ресурс роботи акумуляторних батарей. Для управління процесом генерації електроенергії контролер заряду дозволяє підключення до центрального контролера системи, до передачі даних від генератора та управляючого сигналу до генератора.



Рисунок 3.11 – Приклад зовнішнього вигляду контролеру заряду <http://ishop.sutem.com.ua/ACM2024>

[<http://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/gibridnyj-invertor-dlya-solnechnyx-batarej.html#i>]

Інвертор системи альтернативного енергопостачання – це пристрій для конвертації постійного струму в змінний струм (Рисунок 3.11). Провести оцінку можливостей гібридного інвертору можна в порівнянні з особливостями роботи пристроїв аналогічного призначення – автономних і мережевих інверторів.

Мережевий інвертор працює на навантаження централізованої електромережі. Вихід від перетворювача струму приєднаний до споживачів електроенергії, мережі змінного струму. Схема відрізняється простотою, але має кілька обмежень: система працює лише при доступності змінного струму в мережі; напруга електромережі має бути відносно стабільною і відповідати робочому діапазону перетворювача.

Автономний інвертор живиться від акумулятора, який отримує заряд від електрогенератора через контролер заряду. При максимальному наповненні

акumuлючого пристрою надлишок електроенергії передається на вхід інвертора, вихід якого приєднаний з кінцевими споживачами змінного струму. У разі нестачі сонячної активності, енергія береться з акумуляторних батарей і проходить конвертацію через інвертор напруги.

Гібридний інвертор відрізняється від вищеописаних пристроїв особливою архітектурою (Рисунок 3.12). Усередині передбачена особлива схема живлення, що дозволяє в режимі перетворювача інвертору паралельно функціонувати з струмом централізованої мережі. Живлення навантаження від централізованої мережі і двигуна Стірлінга йде одночасно, при цьому функція пріоритету відведена постачальнику постійного струму. Гібридний інвертор дозволяє максимально ефективно споживати енергію сонця. Конкурентні переваги закладені в багатofункціональності інверторів гібридного типу: Мережа є містким акумулятором з ККД в 100%. Всі надлишки, вироблені двигуном Стірлінга, можна продати в централізовану мережу по «зеленому» тарифу. При відключенні основного електроживлення система перебудовується в автономний режим, захищаючи всіх споживачів від перепадів напруги. При спаді споживання система енергопостачання переходить в режим перезарядки.



Рисунок 3.12 – Приклад зовнішнього вигляду гібридного інвертору [http://solar.biz.ua/ua/itvertori-

ibzh/sonyachni-invertori/merezhevij-sonyachnij-invertor-z-rezervnoyu-funkciyeyu-10kv-380v-trifaznij-model-infinisolar-10kw.html]

Електролічильник для зеленого тарифу — електричний вимірювальний прилад, засіб обліку відданої в централізовану мережу електричної енергії змінного струму (Рисунок 3.12). Даний прилад дозволяє обчислювати потік вихідного та вхідного струму для того, щоб визначити, яку кількість електроенергії використав споживач для своїх побутових потреб і скільки «скинув» у мережу. Різниця даних показників дозволяє визначити кількість прибутку від продажу надлишку електроенергії споживачем.



Рисунок 3.13 – Приклад зовнішнього вигляду лічильника для «зеленого тарифу» [<https://solar-tech.com.ua/ua/electrical-equipment/dvunapravlennye-schetchiki/schetchik-dlya-zelenogo-tarifa-itron-ace-6000.html>]

г) Блок перетворення теплової енергії в електричну:

Цей блок складається з чотирьох елементів: з нагрівача двигуна Стірлінга, холодильника двигуна Стірлінга, системи охолодження та електрогенератора:

Двигун Стірлінга, що може бути використаний в методі має бути достатньо потужним для того, щоб при максимальному надлишку теплової енергії двигун не простоював через занадто велику кількість теплоносія в трубках підігріву нагрівача.

При виборі електрогенератора для двигуна Стірлінга не накладаються великі обмеження. Основне, щоб потужність електрогенератора відповідала максимальній потужності двигуна в заданих умовах.

Система охолодження може бути як активною повітряною, при виводі теплого повітря назовні приміщення, так і водяною з виводом теплоносія назовні або з використанням води в побутових потребах. Ґрунт є зручним джерелом температури холодильника через високу теплопровідність, тому вивід нагрітої води циркуляційним насосом в систему розгалуженого трубопроводу в верхніх шарах ґрунту може призвести до ефективного охолодження, і, в результаті, підвищення ККД двигуна [https://rodovid.me/energy/zakopannaya-v-zemlyu-truba-pozvolyaet-ekonomit-na-obogreve-i-ohlazhdenii-doma.html] (Рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Приклад використання ґрунтового теплообмінника

г) Блок опалення приміщення:

Цей блок складається з чотирьох елементів: з циркуляційного насосу гарячої води з клапанами, системи опалення, системи гарячого водопостачання:

Циркуляційний насос є пристроєм, що примусово рухає теплоносії по замкнутому контуру системи опалення. Крім того, керувати процесом опалення можна за допомогою клапану з сервоприводом [https://strojdvor.ru/otoplenie/samostoyatelnoe-regulirovanie-raboty-sistemy-otopleniya-obzor-ustrojstv-i-metodik/]. Контролер регулює кут відкривання клапану і таким чином регулюється притік теплоносія в радіатори та «теплу підлогу». Окремий циркуляційний насос використовується для системи гарячого водопостачання (Рисунок 3.15). Тепловий акумулятор є ємністю для системи гарячого водопостачання та системи опалення. Система опалення складається з пристінних радіаторів та теплої підлоги, джерелом

тепла є нагріта вода, що циркулюється в замкнутому контурі. Система гарячого водопостачання є відкритою – вода забирається безпосередньо з виходу та зворотнього руху води системи опалення, вода з одного та іншого джерела змішується в спеціальному пристрої – гідроелеваторі і надходить до водорозбірних кранів [http://xn--b1ahhahznja9a.xn--p1ai/spravochnik-zhkh/199-sistema-goryachego-vodosnabzheniya-vidy-sxema-i-ustrojstvo] (Рисунок 3.16).



Рисунок 3.15 – Приклад зовнішнього вигляду теплового насосу

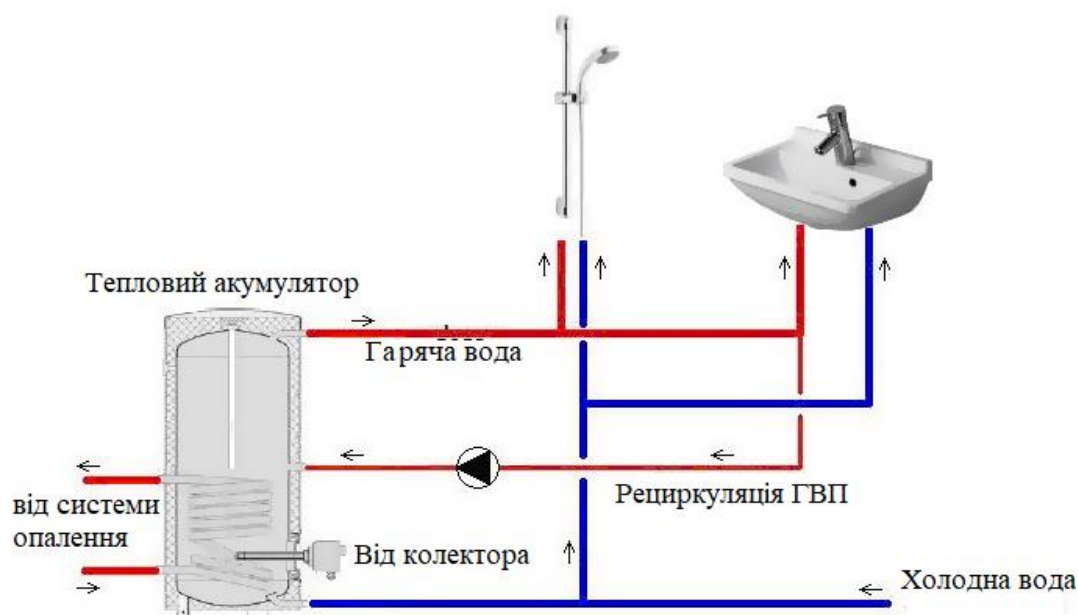


Рисунок 3.16 – Схема відкритого гарячого водопостачання

Контролер є основною частиною системи, так як саме контролер координує дії супутнього обладнання. З точки зору стартап-проекту, контролер та панель керування є обладнанням, яке програмується та продається основною компанією. Інше обладнання

є супутнім, компанія програмує його так, щоб воно управлялося контролером і з'єднує контролер та супутнє обладнання на об'єкті замовника.

Панель керування є сенсорною, має зручний, інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс. На панелі керування користувач може проводити моніторинг показників системи та вносити власні налаштування значення температур та електрозабезпечення. Приклад зовнішнього вигляду панелі керування знаходиться на Рисунку 3.17.

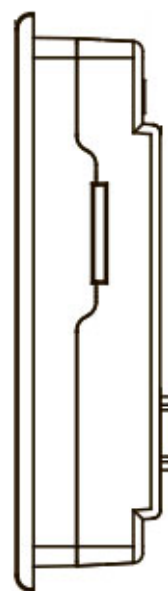
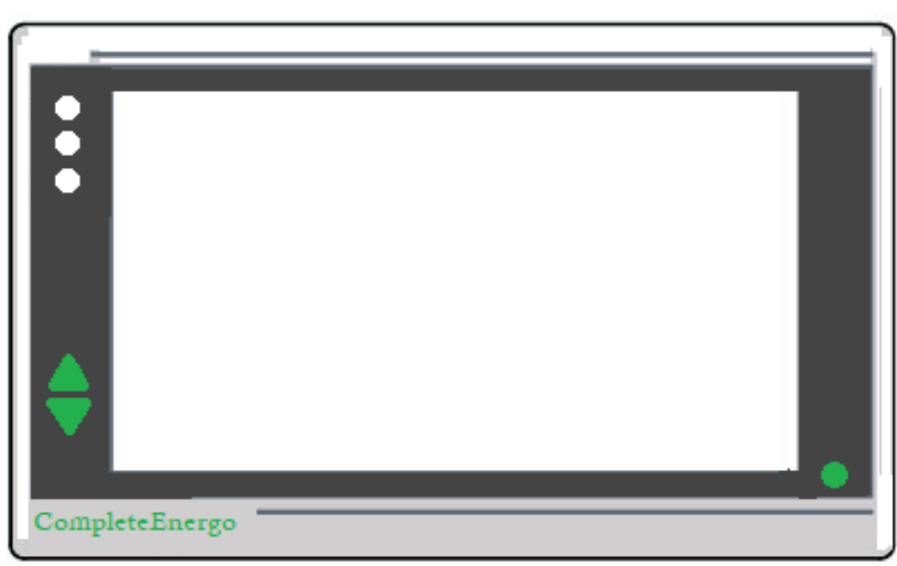


Рисунок 3.17 – Приклад зовнішнього вигляду панелі керування

4 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛА

Для методики комбінованого енергопостачання житла з використанням теплової машини системи Стірлінга та сонячного колектору важливо розробити алгоритм роботи автоматизованої системи альтернативного енергопостачання житла з адаптуванням до зовнішніх умов для досягнення максимальної ефективності. В даному розділі буде проведено розроблення алгоритму роботи системи, яка була створена за запропонованою методикою.

Кожен функціональний блок складається з пристроїв, які характерно відрізняються від пристроїв інших функціональних блоків. Проте механізми взаємодії, які відбуваються між деякими блоками, становлять певний закінчений процес, тому внутрішня логіка системи є основним критерієм вибору способів об'єднання функціональних блоків.

Було розроблено: алгоритм роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води, алгоритм роботи блоку опалення приміщення.

4.1 Розроблення алгоритму роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води

Схема алгоритму роботи представлено на Рисунку 4.1 та в Додатку Е.

Описати алгоритм роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води можна таким чином:

Сонячне випромінювання подається на вакуумну скляну трубку, потрапляє на поглинач і перетворюється в теплову енергію, відбувається переміщення нагрітого теплоносія за допомогою насоса з поверненням в колектор після передачі тепла. На систему розподілення руху теплоносія передаються дані щодо допустимості подання тепла на двигун, отриманий сигнал про відкриття клапана на акумулятор і закриття клапана на двигун Стірлінга. Далі починається передача тепла з поглинача колектора у тепловий акумулятор через змійовик тепловіддачі, в блоці відбувається передача даних

до контролера щодо рівня і температури води в акумуляторі, надходить сигнал про необхідність заповнення акумулятора холодною водою. Якщо рівень води досягає діапазону від необхідного значення – і до необхідного значення + 5 Л, то проходить передача води до циркуляційного насосу системи опалення з регулюванням потоку та передача води до циркуляційного насосу системи гарячого водопостачання. Якщо ні, то йде перевірка – чи рівень води менший за максимальне значення. Результат негативний: генерується помилка, система припиняє роботу. Результат позитивний: система управління насосом отримує сигнал щодо набирання води зі скважини в акумулятор з потрібним обсягом. Після цього повертаємося до перевірки рівня води. Після передачі води до циркуляційного насосу системи гарячого водопостачання йде перевірка чи досягає температура води необхідного рівня, якщо так, то цикл продовжується до моменту, поки користувач не припинить роботу системи; якщо ні, то йде обігрів води електричним нагрівачем гарантованого підігріву під впливом контролеру.

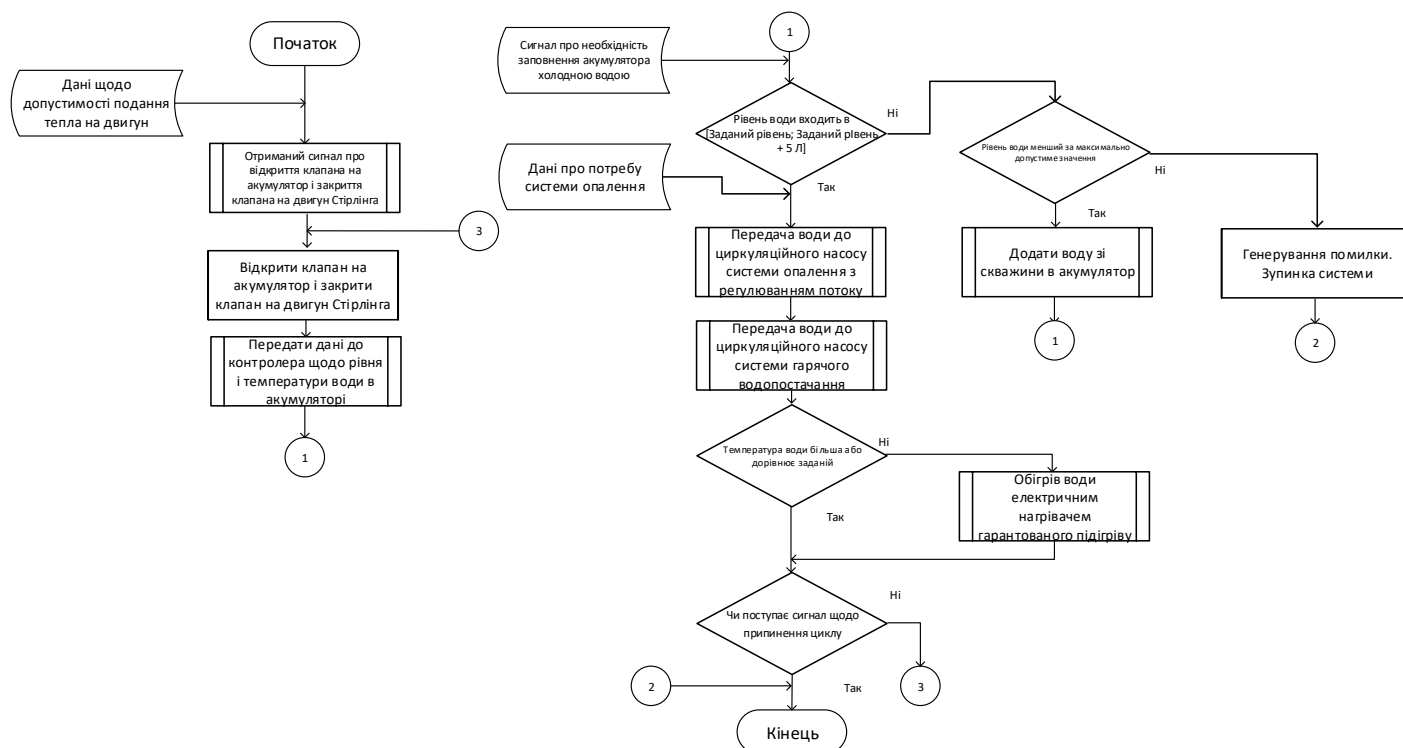


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи блоку енергії сонячного випромінювання та блоку розподілення води

4.2 Розроблення алгоритму роботи блоку опалення приміщення

Схема алгоритму роботи представлено на Рисунку 4.2 та в додатку Є.

Описати алгоритм роботи блоку перетворення теплової енергії в електричну та блоку опалення приміщення можна таким чином:

З контролера подаються дані щодо розподілення води між системою опалення і системою гарячого водопостачання. В результаті блок опалення має дані щодо потрібної температури приміщення та поточної температури води в акумуляторі. Йде перевірка – чи температура приміщення більша за задану або дорівнює їй. Якщо відповідь на умову позитивна, то перевіряється інша умова: чи температура приміщення більша за $T_{\text{п}} + 2^{\circ}\text{C}$. Якщо так, то потрібно перекрити потік теплоносія в системі опалення і очікувати протягом деякого заданого часу. Якщо температура приміщення менша за $T_{\text{п}} + 2^{\circ}\text{C}$, то, якщо користувач не сигналізує про зупинку системи, цикл перевірок повторюється. Коли температура приміщення не є більшою за задану і не дорівнює їй, то проводиться розрахунок необхідного об'єму водного потоку за одиницю часу для досягнення потрібної температури, відкриття клапану при циркуляційному насосі на необхідний кут та очікування за час якої повторна перевірка матиме можливість показати інший результат. Далі блок повертається в цикл.

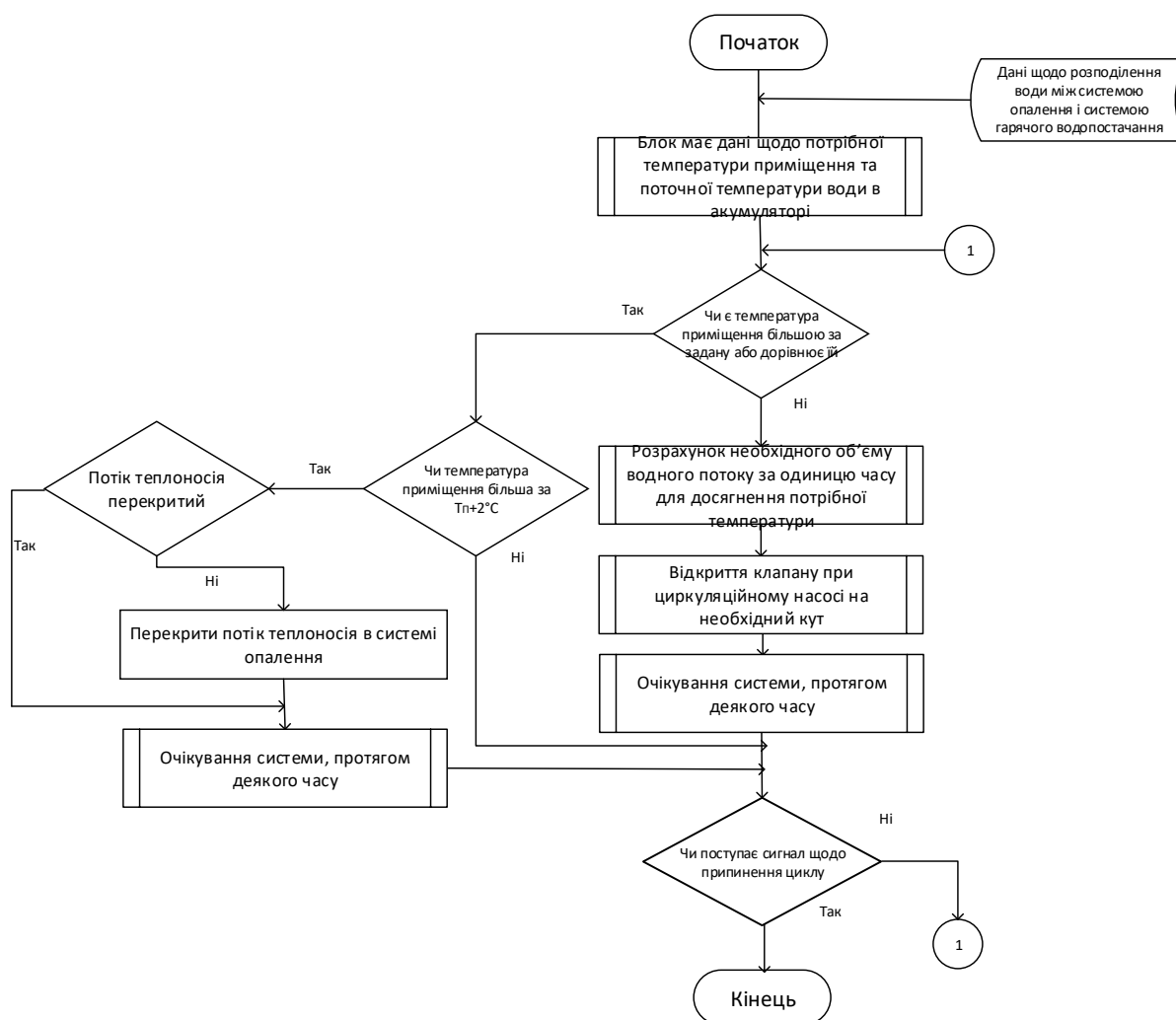


Рисунок 4.2 – Схема алгоритму роботи блоку опалення приміщення

Алгоритми роботи системи є адаптивними для того, щоб дозволяти досягати максимальної ефективності використання теплової та електричної енергії. Алгоритми можуть бути реалізованими за допомогою програмних засобів, проте для цього їх необхідно розробити враховуючи реальне обладнання та ускладнивши процеси через специфіку виконавчих пристроїв.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У даній магістерській дисертації було проведено розроблення автоматизованої системи керування, що спирається на метод забезпечення енергопостачання житла з використанням системи, що складається з сонячного колектора та двигуна Стірлінга. Система, що є спроектована з використанням цього методу, має мету надати приватному господарству всі необхідні енергоресурси для гарячого водопостачання, опалювання приміщення і генерації електроенергії. Сонячний колектор має широке розповсюдження на ринку, а двигун Стірлінга є дуже перспективною технологією.

5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Ідея стартап-проекту описана у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Суть ідеї	Напрямок використання	Вигода для клієнта
Методика комбінованого енергопостачання житла з використанням теплової машини системи Стірлінга та сонячного колектору	1. Забезпечення житла електроенергією для роботи електропристроїв	1. Можливість бути незалежним від централізованої мережі електропостачання 2. Захист електроприладів від перепадів напруги та відключення електроенергії центрального енергопостачання. 3. Можливість використовувати центральне електропостачання з низькою вихідною потужністю

		разом з власним електропостачанням
	2. Забезпечення системи водопостачання гарячою водою	<p>1. Можливість використовувати чисту, дешеву енергію Сонця для нагріву води.</p> <p>2. Незалежність від центрального водопостачання, яке не є розповсюдженим в Україні для приватних домогосподарств.</p> <p>3. Енергія сонячного випромінювання проходить через низьку кількість перетворень для передачі тепла воді, що є енергоефективним.</p>
	3. Забезпечення житла системою опалення	<p>1. Система опалення функціонує за замкнутим контуром без втрати енергоносія.</p> <p>2. Природний нагрів приміщення за допомогою руху нагрітого теплоносія є економічно ефективним.</p> <p>3. Зняття навантаження на мережу електропостачання.</p>

Аналіз слабких, нейтральних та сильних сторін проекту наведено у таблиці 5.2. Резюмуючи коротко, перевагами системи є зручність використання, поєднання

керування різними підсистемами енергопостачання під одним інтерфейсом, адаптивність системи до зовнішніх умов та скупчення засобів підтримання енергонезалежності в єдиному проекті.

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricor a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogenra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
1	Вартість закупки та встановлення	500000	190 000 грн	45 000 доларів	12 000 доларів	-	+	-
2	Гарантован ий строк служби	20 років	5 років	20 років	25 років	-	+	-
3	Здатність до збереження	+	-	-	+	-	-	+

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricop a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogentra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
	теплової енергії							
4	Здатність до збереження електричної енергії	+	+	-	-	-	-	+
5	Адаптивніс ть системи до зміни температур них умов	+	-	-	-	-	-	+

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricor a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogentra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
6	Стійкість до відмов	Середн я	Висока	Висока	Висока	+	-	-
7	Можливість під'єднати систему до «Зеленого тарифу»	+	+	+	+	-	+	-
8	Можливість розширення	Середн я	Висока	Низька	Середня	-	+	-

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricop a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogenra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
9	Універсальн ість покриття потреби в енергозабез печенні	Висока	Низька	Низька	Середня	-	-	+
10	Зручність використан ня для користувача	Висока	Середн я	Середня	Середня	-	-	+

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricor a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogentra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
11	Залежність від фізичного палива	-	+	-	-	-	+	-
12	Залежність від альтернатив них джерел енергії	Висока	Низька	Висока	Висока	-	+	-
13	Рівень шуму	Середн ій	Середн ій	Високий	Низький	-	+	-

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricop a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogentra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
14	Здатність покриття системою надлишково ї потужності споживачів	-	-	+	-	-	+	-
15	Наявність програмова ного контролеру керування з інтерфейсо	+	-	+	-	-	+	-

Таблиця 5.2 – визначення слабких, сильних та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Технічно- економічні параметри ідеї	Товари/концепції конкурентів (потенційні)				W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильн а сторон а)
		Запропо нована ідея проекту	Когене раційна устано вка SNGE Spruce Cogen 10,8kW	Генераці йна система The Maricop a Solar Plant Project SunCatc her	Когенер аційна система Cogenra Solar – US HydroTe ch Environ mental System			
	м та сховищем даних							

5.2 Технологічний аудит проекту

Аналіз складових технологічного процесу наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п\п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Перетворення енергії сонячного	Використання плоского сонячного колектора	Наявні	Доступні

№ п\п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
2	випромінювання в теплову	Використання вакуумного сонячного колектора	Наявні	Доступні
3		Використання параболічного концентратора сонячного випромінювання	Наявні	Не доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: вакуумний сонячний колектор				
4	Перетворення теплової енергії в електричну	Використання парової турбіни	Наявні	Доступні
5		Термоелектричне перетворення	Наявні	Доступні
6		Використання двигуна Стірлінга	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: використання двигуна Стірлінга				
7	Опалення приміщення за допомогою води з акумулятора теплової енергії	Використання змішувальних вузлів	Наявні	Доступні
8		Використання автоматичних кранів з сервоприводами для регулювання потоку теплоносія	Наявні	Доступні

№ п\п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: використання автоматичних кранів з сервоприводами для регулювання потоку теплоносія				
9	Розподіл електроенергії по будинку	Використання гібридного інвертора	Наявні	Доступні
10		Використання автономного інвертора	Наявні	Доступні
13		Використання мережевого інвертора	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: використання гібридного інвертора				
14	Система охолодження двигуна	Використання природного охолодження	Наявні	Доступні
15		Використання примусового повітряного охолодження	Наявні	Доступні
16		Використання водяного охолодження	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: використання водяного охолодження				

Були обрані технології, що задовольняють потреби в універсальності і дозволяють використовувати систему найбільш ефективно та в найбільшій сукупності умов. Можливість технологічної реалізації проекту існує.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску проекту

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, одиниць	7
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	120000 грн/ум.од
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Переваги, які не залежать від масштабу компанії
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні на початковому етапі
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	35%

Ринок має можливість до сприйняття і впровадження продукту і продукт має свою нішу на ринку. Це підтверджується попереднім оглядом ринку, наведеному у таблиці 5.4.

Умовною одиницею продажу є один набір пристроїв.

Потенційні характеристики клієнтів стартап-проекту описані у таблиці 4.5. Це можуть бути як приватні, так і державні установи.

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Незалежна система опалення	Фізичні та юридичні особи, що проживають в південних регіонах України і потребують систему забезпечення невеликого житла електроенергією, опаленням та гарячою водою	Використання для опалення електроенергії, що перетворюється в тепло. Використання сонячних колекторів для опалення.	1. Надійність конструкції. 2. Досягнення потрібної температури в приміщенні. 3. Урегульованість параметрів температури.
2	Незалежна система електрозабезпечення	забезпечення невеликого житла електроенергією, опаленням та гарячою водою	Захищеність від перепадів напруги централізованої мережі та відсутності електроенергії. Енергопостачання в регіонах з недостачею	1. Здатність системи реагувати на зміни в централізованій мережі 2. Безвідмовність системи. 3. Зручність та

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
			якісної централізованої мережі.	автоматичність системи.
3	Незалежне гаряче водопостачання		Потреба в обігріві гарячої води незалежно від пори року да доступності центральної котельної.	1. Достатня кількість гарячої води в будь-який момент часу. Достатня температура води.

Український ринок, ринкове середовище в і ринок систем енергопостачання, загалом, є нестабільними і необхідним є врахування низки загрозливих факторів. Фактори ризику і загрози на ринку описані у таблиці 5.6.

Продовження таблиці 5.6

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Непередбачувані зміни в законодавстві	Зміна вимог до компанії з боку органів державної влади	Перегляд бізнес- стратегії компанії

Продовження таблиці 5.6

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
2	Непередбачуваний рівень доходу громадян	Системи енергопостачання мають високу ціну і великий період окупності. Зниження рівня доходу громадян в майбутньому може призвести до зниження рентабельності	Орієнтація на цільову аудиторію, чий рівень доходів є умовно незмінним і є достатнім для довготривалих вкладів
3	Недостача інвестицій для реалізації виробництва	Недостача капіталовкладень для закупівлі обладнання в постачальника	Розширення джерел інвестицій
5	Відсутність термінового попиту в користувачів	Клієнти не мають потреби в продукті одразу після старту виробництва	Запровадження цільової рекламної кампанії

Проте, наразі ринок сформував також низку можливостей, реалізація яких дозволить отримати прибуток і завоювати ринок.

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Отримання достатніх інвестицій	Формується початковий капітал з обсягом, який достатній для організації виробництва і закупівлі матеріалів та продуктів	Розроблення програмного продукту, інженерного продукту, організація виробництва і вихід на ринок
2	Зростає потреба в автономних системах енергопостачання	Через різноманітні фактори знижується об'єктивна залежність громадян від централізованого енергопостачання	Збільшення долі ринку, розвиток продукції, розроблення продукту бюджетного сегменту
3	Зростання економічного рівня населення	Рівень доходу громадян зростає і більша частка населення має можливість і бажання сприяти зменшенню процесу забруднення навколишнього середовища. Крім того, більше домогосподарств зможуть інвестувати в продаж електроенергії державі за «Зеленим тарифом»	Розвиток виробництва, розроблення нових систем під потреби різних верств населення

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
5	Успішна маркетингова та інформаційна кампанія	Рекламна кампанія з ефективним аргументуванням переваг системи і послуг по впровадженню	Збільшення попиту на систему

Було проведене дослідження конкуренції на ринку. Результати ступеневого аналізу подані у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Чиста конкуренція	Велика кількість конкурентів. Ринок в Україні є молодим і нерозвинутим. Світовий ринок є нерозвіданим через новаторство технологій і обмежений попит	Створення продукту, що займає певну нішу і має унікальні риси
Національний	Технології є загальносвітовими. Великі гравці експериментують з технологією, менші гравці	Використання доробку великих іноземних компаній, який не

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
	створюють національний продукт	використаний в національному середовищі
Внутрішньогалузева	Діяльність компанії в одній галузі економіки	Зменшення затрат на маркетинг Спрощення розповсюдження продукту
Товарно-родова	Надання послуг по енергозабезпеченню з використанням різних технологій	Політика конкурентної боротьби
Цінова	Використання властивостей продукту для зниження вартості енергопостачання	Використання супутніх технологій з високими показниками співвідношення ціна/якість
Марочна	Цільова аудиторія має спільні потреби	Інформування ринку щодо переваг використання новаторської системи

Більш детальний аналіз умов конкуренції на ринку було виконано за допомогою моделі 5 сил М. Портера, результати наведені у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
С к л а д о ві а н а лі з у	SNGE, atmosfera, Cogentra	Бар'єром є переваги, які не залежать від масштабу компанії – можливість розробити систему, яка матиме достатньо низький рівень окупності при новаторській ідеї з використанням передових технологій. Рівень рентабельності і ринку ставить	Продукція постачальника посідає важливе місце у продукції даної галузі	Доступність існуючих продуктів-замінників, обмежена кількість споживачів, висока доступність інформації для споживачів щодо ефективності технологій і систем	Можливість зниження цін на енергоресурси в Україні, зменшення доходу від «Зеленого тарифу», поширення покриття централізованих систем енергопостачання

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
		обмеження на його розвитку			
Висновок	Інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів є низькою. Проведений розрахунок Герфіндаля - Гіршмана $H \sim 0.05$	Потенційні конкуренти мають можливість увійти на ринок, якщо умови ринку України зазнають змін. В результаті пошуку даних потенційних конкурентів знайдено не було.	Постачальники мають серйозний вплив на вартість і доступність супутньої продукції – двигуни, сонячні колектори і інше обладнання. Постачальники мають важливий вплив	Клієнти диктують умови гнучкості цінової політики. Ефективність технології і її використання є серйозним важелем впливу з боку клієнтів.	Недостатній попит на альтернативне енергопостачання

Незважаючи на великий вплив постачальника, клієнта і потенційну загрозу з боку товарів-замінників на ринку, запропонована система має низку переваг, що описані у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Зручність користувацького інтерфейсу	Використовується користувацький інтерфейс, що об'єднує керування всіма модулями (опалення, генерування електроенергії і т.д.) і отриманням даних з них на одній панелі керування, що спрощує моніторинг і контроль з боку користувача
2	Унікальність запропонованого методу	Пропонується повне енергопостачання дому, що керується з одного контролера. Система не має прямих аналогів
3	Послуги по вибору додаткового обладнання	Додаткове обладнання замовляється напряму у постачальника, що призводить до зменшення вартості системи для клієнта. Додаткове обладнання обирається фахівцями і отримує інтеграцію в систему позбавляючи клієнта необхідності проведення закупки і дослідження. Такий підхід є вигідним для трьох сторін співпраці.
4		Користувач отримує все необхідне для того, щоб мати в будинку альтернативне енергопостачання від одного постачальника, що прискорює впровадження.

Після приведення факторів конкурентоспроможності продукту, що наведені у таблиці 5.10, був проведений порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартап-

проекту в порівнянні з аналогічною продукцією atmosfera. Результати аналізу наведені у таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг стартап-проекту в порівнянні аналогічною продукцією atmosfera						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Зручність користувацького інтерфейсу	15					+		
2	Унікальність запропонованого методу	18							+
3	Послуги по вибору додаткового обладнання	16						+	
4	Повне енергопостачання будинку від одного постачальника	18							+

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу на основі раніше отриманих даних.

SWOT-аналіз полягає у побудові матриці, що включає:

- сильні сторони проекту (Strength);
- слабкі сторони проекту (Weak);
- загрози (Troubles);
- можливості (Opportunities).

Результати проведеного SWOT-аналізу наведені у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Єдина система, яка охоплює все</p> <p>Простота і зручність моніторингу і контролю</p> <p>Прогрес в альтернативній енергетиці</p> <p>Користувач інвестує в майбутнє</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Висока вартість продукції</p> <p>Обмежений попит на ринку</p> <p>Орієнтація на галузеву нішу</p> <p>Низька рентабельність</p>
<p>Можливості:</p> <p>Реалізація бізнес-моделі</p> <p>Стабільне зайняття галузевої ніші</p> <p>Висока популярність з боку користувача</p>	<p>Загрози:</p> <p>Інертність користувача з приводу використання новітніх технологій</p> <p>Надання переваги простішим системам обмеженого енергозабезпечення</p>

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів. Результати аналізу наведені у таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Посилена маркетингова кампанія на спеціалізованих інтернет-ресурсах	Ймовірне	3 місяці
2	Впровадження системи на об'єкті комунальної власності	Ймовірне	2 місяці
3	Зниження вартості системи шляхом заміни супутнього обладнання	Дуже ймовірне	6 місяців

Обрана альтернатива: зниження вартості системи шляхом заміни супутнього обладнання

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Опис наведено у таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Комунальні підприємства	Дуже низька	5%	Висока	Високі бар'єри входу
2	Приватні домогосподарства, що мають житло малої забудови	Середня	40%	Низька	Низькі бар'єри входу
3	Промислові підприємства	Дуже низька	<5%	Висока	Високі бар'єри входу

Таблиця 5.14 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
4	Малий бізнес, що має житло малої забудови	Низька	20%	Низька	Середні бар'єри входу
Які цільові групи обрано: приватні домогосподарства, що мають житло малої забудови					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) була обрана цільова група – приватні домогосподарства, що мають житло малої забудови (замістькі котеджі висотою 1-3 поверхи та площею до 200 м²), для впровадження у яких буде пропонуватись система, та визначили стратегію охоплення ринку, яка наведена у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/ п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Продаж системи для встановлення в приватних помешканнях	Концентрований маркетинг	Орієнтація на унікальність пропозиції для користувача Низькі витрати	Стратегія спеціалізації

			Ефективна співпраця посередників	
--	--	--	-------------------------------------	--

Була обрана базовою стратегією розвитку стратегія спеціалізації, яка передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Стратегія спирається на диференціацію – на задоволення потреби користувача за допомогою відмінних властивостей, яких немає в товарі конкурентів. Така відмінність базується на адаптації властивостей системи під користувача і використання централізованого контролера для управління і моніторингу всієї системи.

Було визначено базові стратегії конкурентної поведінки, які є наведені у таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Пошук нових споживачів	Стандартні схеми підключення обладнання; стандартні алгоритми роботи підсистем	Стратегія заняття конкурентної ніші.

Для формування ринкової позиції (комплексу асоціацій), за якою споживачі будуть ідентифікувати проект, було визначено стратегію позиціонування, наведену у таблиці 5.17.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Присутність електроенергії, гарячої води в системі водопостачання і опалення в будь-який момент, коли є потреба в цих ресурсах Економічна вигода від використання Надійність роботи Зручне керування системою і моніторинг Простота замовлення Якісний алгоритм автоматичного функціонування	Стратегія спеціалізації	Універсальність і адаптивність Економія ресурсів Надійність на достатньому рівні Зручний і ефективний користувацький інтерфейс Якісний сервіс замовлення і підтримки Раціональний і ефективний алгоритм	1) Керування електроенергією, опаленням і гарячою водою на одному деталізованому дисплеї 2) Колектори, котел, двигун, насоси – все під одним брендом 3) Індивідуальний підхід до кожного клієнта

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратег ія розвит ку	Ключові конкурентоспромо жні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
			автоматичної роботи	

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Забезпечення автономного опалення житла	Налаштування параметрів опалення користувачем Забезпечення необхідної температури в житлі з використанням сонячної енергії	Простота керування процесом опалення Приміщення автоматично розпочинає обігрів, коли це необхідно. Коли необхідність відсутня, тепла енергія перетворюється в електричну
2	Забезпечення автономного гарячого водопостачання	Налаштування параметрів температури води користувачем Забезпечення необхідної температури води	Простота керування Акумулятор теплової енергії має резервний змійовик для обігріву води, коли енергії сонячного випромінювання не достатньо

Продовження таблиці 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
3	Забезпечення приміщення електроенергією	Забезпечення будівлі електроенергією Зручний моніторинг генератора та керування розподіленням електроенергії Зв'язок з автономними системами опалення та гарячого водопостачання	Система генерує електроенергію, коли забезпечені обрані параметри температури приміщення і гарячої води. Надлишкова теплова енергія не втрачається. Електрична енергія зберігається в акумуляторній батарей звідки розподіляється по дому, продається в централізовану мережу, підтримує потужність централізованої мережі

Надалі за уточненими характеристиками продукту була розроблена трирівнева маркетингова модель продукту, яка наведена у таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система, що забезпечує житло опаленням, гарячим водопостачанням, електроенергією, використовуючи енергію сонячного випромінювання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Ергономічність інтерфейсу користувача панелі керування	Нм	Тл/Е
	2. Рівень автоматизації керування системою	Нм	Вр/Тх
	3. Безпека та своєчасність реакції на збій; вивід помилок на панель керування	Нм	Тл/Е
	4. Максимальна/мінімальна температура в акумуляторі теплової енергії для функціонування системи	М	Тх/Тл
	5. Максимальна температура опалення приміщення	М	Тх
	6. Максимальна потужність електрогенератора	М	Тх
	Якість: продукт відповідає стандартам — ВСН 52-86 «Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования.», ДСТУ 4034-2001 «Нетрадиційні джерела енергії. Колектори сонячні. Методи випробування.», BS EN 12977-1:2012		

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
	Thermal solar systems and components. Custom built systems. General requirements for solar water heaters and combisystems
	Пакування: міцна упаковка з ребрами жорсткості та пом'якшувальним матеріалом. Кожна одиниця обладнання запакована окремо
	Марка: TM CompleteEnergо – зареєстрована ТМ, що є власністю SolStir Systems
ІІІ. Товар із підкріпленням	До продажу: розрахунок параметрів житла та налаштування обладнання, встановлення системи
	Після продажу: технічна підтримка користувача, модифікація системи
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: ноу-хау, закритість вихідного коду	

Наступним кроком було визначення цінових меж для встановлення ціни на потенційний товар, аналіз факторів був наведений у таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1		60 000 – 1 200 000 грн	40 000 – 150 000 грн	60 000 – 1 200 000 грн

Визначення оптимальної системи збуту наведено у таблиці 5.21:

Таблиця 5.21 – Оптимальна система збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Закупівля здійснюється через веб-сайт або через пряме спілкування з менеджером	Доставка продукції та встановлення	Канал нульового/першого рівня	Вертикальна з використанням концентрації на цільовому клієнті

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфікою поведінки клієнтів. Результати розроблення концепції маркетингових комунікацій наведені у таблиці 5.22.

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Будування, покращення та обслуговування приватного житла малої забудови	Непрямий та прямий канали вербальних комунікацій через мережу інтернет та телефонний зв'язок	Метод позиціонування товару на визначеному сегменті ринку з допомогою організації ефективної реклами і стимулювання збуту	Надати потенційним клієнтам інформацію щодо переваг продукту над більш простими системами. Інформувати щодо зручності та ефективності системи та простоти її встановлення і використання	Концентрація реклами на одному сегменті

В результаті розроблення стартап проекту було проведено дослідження ринку та можливостей комерціалізувати проект, щоб система альтернативного енергопостачання житла задовольняла попит. Серед методів аналізу можна виділити технологічний аудит, аналіз стратегії конкуренції, цільової аудиторії, розроблення ринкової стратегії та маркетингова програма.

Проект розробляється для спеціалізованої цільової аудиторії, опирається на новаторську інженерну ідею розроблення методики розрахунків альтернативного енергопостачання житла та якісний сервіс.

Проект має сильні сторони, які є можливими для реалізації, в результаті чого продукт може становити конкуренцію на ринку. Наявний попит має перспективи до зростання через залучення новаторських технологій та розвиток існуючих, що може призвести до здешевлення і збільшення ефективності альтернативного енергопостачання в громадян України. Конкуренція є досить низькою, тому є можливість зайняти комерційну нішу. Проте через необхідність високих стартових капіталовкладень та невисоку рентабельність, для реалізації проекту потрібно прийняти високі ризики.

ВИСНОВОК

В результаті виконання магістерської дисертації була спроектована система альтернативного енергопостачання житла.

Для реалізації виконання поставленої мети були вирішені такі задачі:

- дослідження існуючих рішень в області альтернативної енергетики;
- розроблення алгоритму роботи автоматизованої системи енергопостачання житла;
- розроблення методики розрахунків альтернативного енергопостачання житла на основі двигуна Стірлінга;
- розроблення стартап-проекту.

В результаті аналізу існуючих рішень, можна прийти до висновку, що сонячні колектори є технологією, що активно розвивається і має великі переваги перед нагрівом води за допомогою електроенергії завдяки дешевизні згенерованої теплової енергії, але використовується в обмежених умовах через недостачу енергії сонячного випромінювання в зимову пору року. Двигун Стірлінга має свої переваги, використовується в промислових проектах високої вартості, бо має високий коефіцієнт корисної дії, може перетворювати теплову енергію будь-якого виду в механічну та не створює шкідливих викидів, проте для досягнення високої ефективності різниця температури між нагрівачем та холодильником має бути високою, а сам двигун при активному використанні має обмежений моторесурс.

У даній магістерській дисертації була розроблена методика розрахунку альтернативного енергопостачання житла на принципі комбінування переваг сонячних колекторів з технологією двигунів Стірлінга. Було розраховано:

- обчислення отриманого поверхнею Землі теплової енергії для певного місця на території України;

- розрахунок необхідної кількості енергії сонячного випромінювання для забезпечення житла, що має певні параметри, тепловою енергією для підтримання заданої температури;
- розрахунок необхідної кількості теплової енергії для генерування достатньої кількості електроенергії, щоб задовольнити потреби, не використовуючи централізоване енергопостачання;
- розрахунок необхідних параметрів обладнання для підтримання системи в робочому стані, використовуючи дані про температуру і освітленість в різні періоди року для певного регіону на території України;
- розрахунок середньорічного значення кількості енергії сонячного випромінювання на одиницю площі в містах України;
- розрахунок залежності теплових витрат від періоду року;
- обчислення залежності коефіцієнтів ефективності сонячного колектору від кількості панелей за холодний період року;
- розрахунок енерговитрат на стандартні побутові електроприлади.

В результаті, визначено, що запропонована система є потенціал до реалізації, не зважаючи на перешкоди у вигляді складності об'єднання технологій в єдину систему.

ЛІТЕРАТУРА

- 1) Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / [Адаменко О., Височанський В. Лютко В. та ін.]. - Івано-Франківськ, 2001. - 430 с.
Борисов А. В., Мамаєв І. С., Килина А. А. Динаміка котиться диска // Борисов А. В., Мамаєв І.С. неголономними механічні системи. Інтегрованість, хаос, дивні атрактори. - М .; Іжевськ: Інститут комп'ютерних досліджень, 2002.
- 2) Raymond L. Kirby. The Development of a Control System for a 5 Kilowatt Free Piston Stirling Engine Converter [Електронний ресурс] / Raymond L. Kirby – Режим доступу до ресурсу:
<https://pdfs.semanticscholar.org/4142/329f41ec37544f01df368afc27ffac1645d1.pdf>. Б
уданов В. М., Девянин Е. А. Про рух колісних роботів // ПММ. - 2003. - Т. 67. вип. 2. - С. 244-255.
- 3) El-Genk, Mohamed S.; Editor (1994) A Critical Review of SPACE NUCLEAR POWERAND PROPULSION 1984-1993, American Institute of Physics Press
- 4) Солнечные станции для дома [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://alteco.in.ua/solution/solnechnaya-energetika/solnechnaya-elektrostanciya-5kwt-var8-gibridnaya>.
- 5) Мифы о ветрогенераторах и насколько ветряные электростанции выгодны и экологичны [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://axiomplus.com.ua/news/mify-o-vetrogeneratorah-naskolko-vetryanye-elektrostancii-vygodny-i-ekologichny/>.
- 6) СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ ДЛЯ ОБОГРЕВА БАССЕЙНОВ, ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.basserv.com/kategorii/solnechnye-kollektory>.
- 7) Мощность солнечного излучения [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sintsolar.com.ua/info/practic-ru/practic-solar-ru.html>.

- 8) БАК АККУМУЛЯТОР [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://bakilux.com.ua/>.
- 9) Двигатели Стирлинга - технологический прорыв в автономной энергетике XXI века [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sovmash.com/node/98>.
- 10) Разработка мобильного робота и визуализация его движения [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/602336.html>.
- 11) Новые серийные двигатели Стирлинга 3.5 и 7.5 кВт [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.joule-watt.com/energy-news/novye-serijnye-dvigateli-stirlinga-3-5-i-7-5-kvt/>.
- 12) Sandia, Stirling to build solar dish engine power plant [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://share-ng.sandia.gov/news/resources/releases/2004/renew-energy-batt/Stirling.html>.
- 13) Элементарная теория и расчет стирлинга [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://stirlingengine.ukrainianforum.net/t85-topic>.
- 14) GLOBAL SOLAR ATLAS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://globalsolaratlas.info/>.
- 15) Solar Electricity Handbook 2017 Edition [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>.
- 16) Температура грунта (в °C) на различных глубинах [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://neftyaga.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr>.
- 17) ВИКОНАННЯ ТЕПЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПАЛЕННЯ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: ekohom.com.ua/zrobyty_teplorozrahunok.html#formula_teplovtrat.

Додаток Публікація

34

Summer InfoCom Advanced Solutions 2018

Розширення області використання двигунів Стірлінга для підтримання альтернативного енергопостачання житла

Огульчанський Федір Ярославович
КПІ імені Сікорського
Київ, Україна
fedor.ohul@gmail.com

Репнікова Наталія Борисівна
КПІ імені Сікорського
Київ, Україна
n.repnikova@gmail.com

Анотація. В роботі обґрунтовується можливість сумістити сонячну енергію з двигуном Стірлінга для ефективного енергопостачання житла.

Ключові слова: двигун Стірлінга, побутове використання, відновлювана енергія.

ВСТУП

В сучасному світі існує нагальна проблема економії природних ресурсів та підтримання технологій, що не забруднюють навколишнє середовище. Альтернативна енергетика – це сукупність способів отримання електроенергії з альтернативних джерел, зазвичай з тих, що містять відновлювану енергію.

Сутність запропонованого рішення полягає в тому, що енергія сонячних променів, перетворена у теплову енергію за допомогою сонячного колектора, може бути використана для генерування електричної енергії за допомогою двигуна Стірлінга. Цей двигун здатен використовувати будь-який перепад температур для створення механічної енергії і в даній системі під'єднання його до електрогенератора може бути вигідною альтернативою використанню в приватному житлу централізованого енергопостачання.

ПОСТАНОВКА ТА РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

В даній роботі пропонується структурна схема ефективного енергопостачання приватного житла з конфігуруванням сонячних колекторів та двигуна Стірлінга. Необхідно досягти постачання електроенергії з частотою 50 Гц і напругою 220 В [1].

ДВИГУН СТИРЛІНГА

Як відомо, двигун Стірлінга – це тепловий двигун, який працює завдяки циклічному розширенню та стисненню повітря або інших газів між двома камерами із різними температурами, де воно по черзі нагрівається та охолоджується, перетворюючи теплову енергію у механічну роботу. Через це тиск робочої речовини на робочий поршень або збільшується, або зменшується, в залежності від такту роботи двигуна [2].

Існують три класичні загальноприйняті конфігурації двигуна Стірлінга – α -конфігурація, β -конфігурація та γ -конфігурація. За довгий час існування двигуна інженери розробили і інші конфігурації. Кожна з них має особливості будови, переваги та недоліки. В роботі розглядатиметься

двигун Стірлінга β -конфігурації (Рис.1) через переваги у відсутності проблеми перегріву ізоляції та через загальну ефективність його роботи [3].

Двигун Стірлінга – це двигун зовнішнього згорання, який працює за замкненим термодинамічним циклом Стірлінга. В ідеальному випадку ефективність цього циклу досягає ефективності циклу Карно [4] – два ізотермічні процеси і два адіабатні процеси, що поперемінно чергуються між собою. Теоретично досяжний ККД двигуна Стірлінга розраховується, як ККД циклу Карно:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

Під час ізотермічного розширення виконується робота, під час адіабатного процесу йде перерозподілення теплоти. Загальну роботу за один цикл в ідеальному двигуні Стірлінга можна розрахувати за такою формулою:

$$A = \nu R P V (T_2 - T_1) \ln(T_2 / T_1),$$

де ν – число молей газу, R – універсальна газова константа, P – робочий тиск, T_2 – температура нагрівача, T_1 – температура холодильника.

СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР

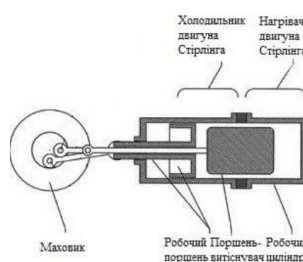


Рис.1. Спрощена схема двигуна Стірлінга β -конфігурації

Оскільки, для роботи двигуна Стірлінга необхідна подача тепла для створення різниці температури, в схемі буде використовуватися енергія Сонця. Для акумулювання цієї енергії у вигляді тепла використовується сонячний колектор.

Це пристрій, в якому сонячне випромінювання нагріває теплоносії, який знаходиться за ізолюючим

шаром та циркулює по системі, віддаючи тепло споживачу і повертаючись до колектора охолодженим. Сонячний колектор має високі теплоізолюючі якості і тому температура теплоносія (води) в ньому може досягати 60-100 °C [5].

СТРУКТУРНА СХЕМА МОДЕЛІ СИСТЕМИ

Нехай задана динаміка роботи системи енергопостачання на базі двигуна Стірлінга та сонячного колектора описується моделлю з такою структурною схемою (Рис.2):

На схемі зображені такі елементи та зв'язки:

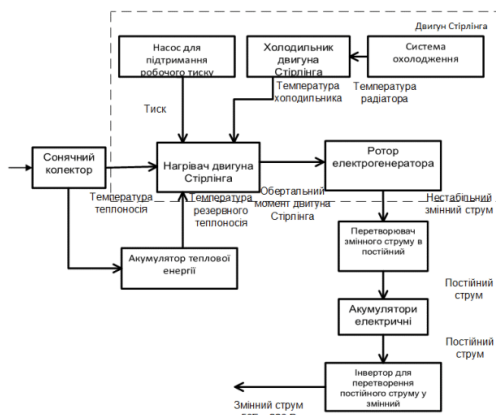


Рис.2. Структурна схема системи

Сонячний колектор це пристрій для збору енергії сонячного випромінювання. Теплоносієм виступає вода, яка циркулює по трубах та передає тепло в акумулятор теплової енергії. Це тепло підводиться до двигуна Стірлінга через тонкі стінки робочого циліндру. Нагрівач двигуна це та його частина, що отримує зовнішню теплову енергію, що створює підвищений об'єм в циліндрі під поршнем-витіснувачем, рух якого призводить до руху робочого циліндру, який створює механічну роботу в процесі обертання маховика. В циліндрі має підтримуватися високий тиск – це відбувається завдяки використанню спеціального насоса. Поршень-витіснувач в процесі роботи двигуна витісняє гаряче повітря до охолоджувальної камери через регенератор. Для підтримання низької температури холодилище двигуна знаходиться поза приміщенням та оснащений повітряною охолоджувальною системою. Механічна

енергія обертання двигуна Стірлінга передається на електрогенератор, який створює змінний струм різної частоти та напруги, в залежності від потужності двигуна в окремий момент. За допомогою перетворювача цей струм перетворюється у постійний та за допомогою нього заряджаються електричні акумулятори. Для побутового використання електроенергії, постійний струм з акумулятора на інверторі перетворюється у змінний струм заданої частоти та напруги.

ВИСНОВКИ

Запропонована система дійсно може задовольняти поставлені задачі і має низку переваг в порівнянні з використанням систем електрогенерування, побудованих на двигунах внутрішнього згорання. По-перше, з причин відсутності палива, що згорає, система не забруднює довкілля. По-друге, двигун Стірлінга дуже тихий і тому комфортний для використання на ділянці. По-третє, двигун надійний і потребує невелику кількість обслуговування, а інші елементи системи окупаються за час експлуатації. Перевагами системи перед системами, основаними на вітрогенераторах та сонячних панелях є загальна універсальність води, що нагрівається завдяки сонячному колектору. Враховуючи, що тепло з колектора може бути використаним не лише для генерації електроенергії, а й для опалення та, власне, гарячої води для щоденного використання, то система може бути конкурентоспроможною для використання в побуті на півдні України.

ЛІТЕРАТУРА

1. U.S. Department of Commerce. Electric Current Abroad [Електронний ресурс] / U.S. Department of Commerce // International Trade Administration. – 2002. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.webcitation.org/66hSp0MIT>.
2. G. Walker. Stirling Engines / G. Walker. – Oxford: Clarendon Press, 1980.
3. M. Keveney. Two Cylinder Stirling Engine / M. Keveney., 2000.
4. T. Finkelstein. The History, Science, and Reality of the Perfect Engine / T. Finkelstein, A.J. Organ., 2001.
5. F. Kamel Abdalla. Optimum Operating Temperature for Evacuated Tube Solar Collectors [Електронний ресурс] / F. Kamel Abdalla, Paul Wilson – Режим доступу до ресурсу: https://eprints.usq.edu.au/4087/1/Kamel_ANZSES_2002.pdf.